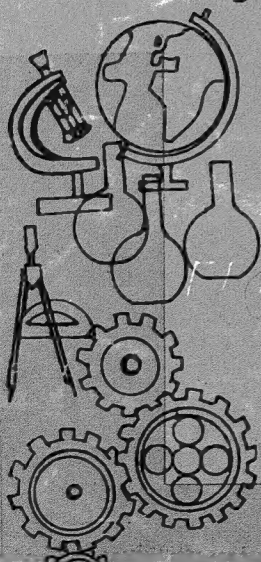


ألوان من الطاقة

تأليف

د. عبد اللطيف أبو السعود



سلسلة العلم و الحياة

لجنة الإشراف:

المهندس: سعد شعبان

١. د. محمد جمال الدين القندي

١. د. محمد مختار العلوي

د. أميمة كامل

ألوان من الطاقة

تأليف

د. عبد اللطيف أبو السعود



دار النشر

١٩٩٢

الطاقة والبيئة والآلة

ضغوط المستقبل :

منذ أزمة البترول العالمية ، التي عرفها العالم في عامي ١٩٧٣ ، ١٩٧٤ ، ذاعت دول العالم الصناعية ، طعم الآثار الاقتصادية والاجتماعية ، التي تنشأ عن نقص البترول ، وارتفاع أسعاره .

كما عرفت شعوب تلك الدول ، أن طريقتهم الصناعية في الحياة ، والتي تعتمد على استهلاك كميات كبيرة من الطاقة ، مهددة باحتمال انقطاع امدادات الطاقة . وأن هذه الطريقة يجب تغييرها ، إذا أرادوا ألا يهلكوا تحت تأثير ضغوط المستقبل .

تتناقص بسرعة :

تعرف الطاقة عادة بأنها القدرة على أداء شغل . ويتم انجاز معظم العمل ، في مجتمعنا ، اليوم ، عن طريق استئناس موارد الطاقة المحدودة . وبالرغم من أننا نسمع كثيرا عن موارد جديدة

للطاقة ، سوف تستخدم فى مستقبل الأيام ، (مثل طاقة الاندماج النووى ، والطاقة الحرارية الأرضية) ، فان العمل فى حضارة اليوم مرتبط بـ أنواع الوقود الحفرى (الفحم والزيت والغاز الطبيعى) ، وهى موارد للطاقة تتناقص بسرعة .

ان المؤسسات التى أقامها المجتمع لتجمل وجود البشر أمرا ممكنا ، بما فى ذلك تلك التى تهتم بأمور الطب ، والزراعة ، والنقل ، والصناعة ، تعتمد الى درجة كبيرة ، على كميات متزايدة من هذه الموارد المحدودة للطاقة .

تلوث البيئة :

واليوم نجد أن الناس يواجهون مشكلة خطيرة . ذلك أنه منذ الثورة الصناعية ، ظلت الدول الصناعية فى سباق لزيادة استهلاك الطاقة ، بسبب زيادة عدد السكان ، ولبناء قواعد عظيمة للقوة السياسية .

الا أن هذه الزيادات فى استهلاك الطاقة ، قد تسببت فى تغيرات مدمرة ، فى المناخ الاجتماعى والبيئى لتلك الدول .

فالتلوث ناتج لا مفر منه من نواتج استخدام الطاقة .

ان محطات توليد القوى الكهربائية ، التى تحرق

الفحم ، تطلق الملوثات فى الهواء ، وتحتاج الى كميات كبيرة من المياه للتبريد ، الأمر الذى يؤدى الى ما يعرف بالتلوث الحرارى للمياه .

والسيارات تحرق الوقود البترولى بكميات متزايدة .
وهى تطلق الملوثات والحرارة فى الجو .

وكلما ازدادت كميات الطاقة التى تستهلكها محطات القوى الكهربائية والسيارات ، ازداد التلوث الناتج ، وتفاقمت أضراره .

وكثيرا ما يؤدى استخدام تكنولوجيا التحكم فى التلوث ، الى استهلاك مزيد من الطاقة .

مثال ذلك أن أجهزة التحكم فى التلوث الناتج من السيارات ، تحتاج الى طاقة فى إنتاجها .

وعند استخدامها ، نجد أن كميات أكبر من الطاقة ، تستهلك لدى السيارة بالقوة المحركة ، ولتشغيل أجهزة التحكم فى التلوث .

حلول تكنولوجية :

يجب علينا أن نستبعد مصادر تلوث البيئة ، بدلا من محاولة اختراع حلول تكنولوجية لمشاكل التلوث .

وان خفضا فى استخدام الطاقة ، سوف يحل المشكلتين : مشكلة التلوث ، ومشكلة الحفاظ على المخزون المحدود من أنواع الوقود الحفري .

وفي اوائل السبعينات ، أصدرت وكالات حكومية أمريكية ، تحذيرات بضرورة تطبيق سياسات واسعة المدى ، للحفاظ على الطاقة ، وذلك لتجنب كارثة طاقة قومية .

الا أن الحكومة الفيدرالية الامريكية ، قد انتظرت ، حتى أصبح النقص في امدادات البترول حقيقة واقعة (في أعقاب حرب اكتوبر عام ١٩٧٣) ، لتبدأ في تنفيذ سياسات الحفاظ على الطاقة .

تكنولوجيات لاستخدام الطاقة بكفاءة :

ان سياسات الحفاظ على الطاقة ، سوف تكون ضرورية ، على نطاق واسع ، لتجنب حدوث نقص في الطاقة ، وفي السلع المنتجة ، الأمر الذي سوف يضر بالاقتصاد ، في السنوات المقبلة .

ويمكن ايجاد استخدامات أفضل للطاقة ، بدلا من الاهدار الواضح لها ، الذي نراه في نظامنا الاقتصادي الحالي .

ان استخدام السيارات لنقل الأشخاص ، وبناء المباني التي تتسرب منها طاقة التدفئة ، بكميات كبيرة ، الى البيئة المحيطة ، انما هي كماليات لا يطيقها مجتمع اليوم ، الذي يفتقر الى الطاقة .

ولذلك ، فانه يجب تطوير تكنولوجيا جديدة ،
تمكن من استخدام الطاقة بكفاءة .

ويجب استخدام هذه التكنولوجيا الجديدة بسرعة ،
لتخفيف وقع الصدمة على البلاد التي تأثرت بأزمة
الطاقة .

الطاقة الكلية والطاقة الصافية :

وهناك اعتقاد سائد بأن أزمة الطاقة سوف تختفى ،
إذا خصصت الدول الصناعية اعتمادات كبيرة ،
لاستثمارها في التكنولوجيا الجديدة ، مثل الانشطار
النوى ، ولتطوير أنواع جديدة من الوقود السائل
والغازي التركيبي ، من رواسب الأيدروكربونات
الصلبة ، مثل الفحم ورواسب الزيت .

الا أن المقتنعين بهذا الرأي ، لا يفهمون العلاقة
الاقتصادية ، بين الطاقة الصافية ، والطاقة الكلية .

موارد غير محلولة :

وفي الولايات المتحدة ، نجد أن بعض العلماء
والمخططين المتحمسين ، يشيرون الى الموارد غير المحدودة
من الفحم ورواسب الزيت ، قائلين بأن برنامجا
تكنولوجيا مكثفا ، سوف يمكن الولايات المتحدة من
الاعتماد على مواردها الخاصة من الطاقة ، للتنمية
الاقتصادية المستمرة ، في المستقبل .

الا أن الطاقة اللازمة لاستخراج مزيد من الزيت ،
والغاز الطبيعي ، والفحم ، من الارض ، يمكن أن
تكون أكبر من الطاقة الكامنة في موارد الوقود الأرضي
نفسها .

وبالرغم من أن كميات احتياطيات الطاقة الحفرية
تبدو كبيرة ، إلا أن قيمة هذه الطاقة للمجتمع لا يمكن
حسابها ، إلا إذا طرحنا منها كمية الطاقة اللازمة
لمعالجتها ، وتركيزها ، ونقلها إلى المستهلكين .

أن الطاقة التي يمكن للمجتمع أن يستخدمها هي
الطاقة الصافية ، التي تبقى بعد دفع تكاليف الطاقة
الثانوية هذه .

وإن معظم حسابات الحكومة والصناعة ، عن موارد
الطاقة في المستقبل ، لا تأخذ هذه العوامل في
الحساب . ونتيجة لذلك ، تصبح الحسابات الرسمية ،
لمدى توفر الطاقة في المستقبل ، أمراً مشكوكاً فيه .

تكنولوجيا الانشطار النووي :

ولعل تكنولوجيا الطاقة ، التي يجري الانفاق عليها
أكثر من غيرها ، في الولايات المتحدة ، وفي دول أخرى ،
هي تكنولوجيا الانشطار النووي .

وتتلخص هذه التكنولوجيا في شطر ذرات
اليورانيوم ، وغيره من الفلزات الثقيلة ، لتوليد الطاقة

الكهربية • ولكن صافي الطاقة الناتجة من هذه العملية ،
ما زال موضع تساؤل •

ليس هذا فحسب ، ولكن وسائل وقاية البيئة
والجماهير ، تبدو غير كافية ، الى درجة كبيرة • ذلك
أنه في تكنولوجيا الانشطار النووي ، نجد أن الجماهير
في أمان ، طالما كان النظام يعمل بطريقة سليمة •

ولكن اذا حدث حادث في محطة القوى النووية ،
أو في مصنع معالجة المخلفات ، أو عند نقل المواد
المشعة ، يتعرض الناس ، وغيرهم من صور الحياة ،
لأشد أنواع السموم المعروفة فتكا ، ويظل بعضها مميتا
لآلاف السنين •

الطاقة المتجددة :

ويبدو وأن الطاقة الشمسية هي أكبر نعم الله على
الناس ، فهي المصدر الوحيد للطاقة المتجددة •

ان استخدام الطاقة الشمسية يهيئ الفرصة
لتكنولوجيا آمنة ، وأقل تدميرا للبيئة ، التي يمكن أن
تزدهر في عصر ما بعد الثورة الصناعية •

الا أن الجيل الحالي من العلماء والسياسيين
والمخططين ، لم يعطوا اهتماما كافيا لتطوير مجتمع
يعمل في اطار من الثبات البيئي والاجتماعي •

وفي اندفاع مجنون لاستخراج مخزون الأرض من

المصادر غير المتجددة ، نسي المخططون ، فى عالم اليوم
الصناعى ، أن يعملوا حساب الأجيال القادمة .

ان الوقت المناسب للتغيير ليس تاريخا فى مستقبل
الأيام ، ولكنه فى هذه اللحظة : الآن .

ويمكن تجنب الانهيار البيئى والاقتصادى ، اذا
قامت المجتمعات الصناعية بتغيير التأكيد الحالى على
التنمية الكبيرة ، الى مرحلة انتقالية ، للمحافظة على
كوكب الأرض ، وليس لاستغلاله .

لقد ولت الأيام التى كان العالم الصناعى فيها
مهمتا باستغلال الموارد ، ولا يفكر الا فى النمو
الاقتصادى ، دون نظر الى امكانات الحياة فى مستقبل
الأيام .

وان التجاوزات فى العصر الصناعى الحالى ، فى
استهلاك موارد الطاقة ، يمكن تصحيحها ، لبدء عصر
نهضة جديد ، يلى العصر الصناعى .

الآلة الأولى :

ومنذ فجر التاريخ ، بحث الآدميون ، باستمرار ،
عن طرق لتسهيل عملهم ، عن طريق استخدام الأدوات .

ومنذ حوالى اثنى عشر ألف عام ، الى عشرين ألف
عام مضت ، قام سكان الكهوف ، فى جنوب فرنسا

واسبانيا ، برسم صور لما يمكن أن يكون آلة ، أو أداة
معقدة ، استخدمها الانسان .

فهناك على جدران الكهوف صور لمصائد استخدمت
لصيد الحيوانات الكبيرة (الماموث والبيسون) .

يدخل الماموث العظيم الى المصيدة ، فتتحرك رافعة،
تؤدي الى انهيار عدد من جذوع الأشجار ، تصرع هذا
الوحش .

الطاقة الحيوية :

وعن طريق استخدام تلك المصيدة ، كان الصيادون
الأوائل يجعلون امكانات وجودهم أكثر اشراقا .

وعن طريق التخطيط بحرص ، استخدموا الأدوات
لقتل الحيوانات ، ولتطوير الطاقة الحيوية المتاحة ،
والتي تأتي من ضوء الشمس ، في صورة غذاء ،
للحصول على مزيد من الطاقة ، من الماموث والبيسون .

لقد كانت هذه العملية هي « أزمة الطاقة » اليومية
التي واجهها أجدادنا الأوائل ، وكان الحل الذي توصلوا
اليه ، هو استخدام التكنولوجيا .

اكتشاف ثوري :

وفي العصر الحجري ، كان أكثر الاكتشافات
حيوية ، هو كيفية اشعال النار عن طريق حك قطعتين
من الخشب ، احدهما بالأخرى .

لقد كان لهذا الاكتشاف الثورى - الذى جاء
بمحض الصدفة - آثار عديدة فى تاريخ الطاقة .

وقد وصفه المؤرخ الاقتصادى (هارى المر بارنز)
بقوله : ومهما كانت الطريقة التى تعلم بها الانسان
الأول اشعال النار ، فان التقدم من مرحلة مجرد ابقائها
مشتعلة ، الى مرحلة التمكن من اعادة اشعالها اذا
انطفأت ، كان يعنى خطوة عظيمة الى الأمام .

ذلك انه ، بالنسبة للانسان الأول ، كانت النار
تمنى الضوء ، والوقاية من البرد ، وعددا من الأشياء
الأخرى .

ان النار التى كانت تدفئ جسم الرجل البدائى
فى ملاجئه الصخرية ، قد أصبحت تحول خام الحديد
الى صورة مصهورة ، فى الفرن اللافح ، كما أصبحت
تقطع ألواح الصلب ، كما لو كانت تلك الألواح قد
صنعت من الورق ، وذلك عن طريق الشعلة القاطعة .

الطاقة الشمسية :

. وكان التقدم البشرى مريما خلال العصور التاريخية
التالية - من عصر الأدوات الحجرية الى ما أطلق العلماء
عليه اسم فجر الحضارة ، منذ حوالى ثلاثة آلاف أو
أربعة آلاف عام مضت .

ويتميز هذا التقدم السريع باستخدام الطاقة

الشمسية ، بطريقة غير مباشرة ، لانتاج العبوب
والحيوانات ، لبقاء الانسان .

التحكم فى الجو :

وفى أواخر العصر الحجري ، استخدم الانسان
آلات حجرية ، لاستئناس الزراعة ، وعند هذه الخطوة ،
حاول الانسان أن يربط طاقته ، مكبرة عن طريق
الآلة ، بمصدر الطاقة الشمسية ، ألا وهو المحاصيل
المتجددة .

ونشأت أول مظاهر المجتمعات البشرية الثابتة ،
عندما ظهرت ضرورة انشاء المساكن ، لحماية البشر
الضعاف من تقلبات الجو .

وبحينذاك ، مست الحاجة الى استخدام تكنولوجيا
بدائية أخرى - وكانت بدايات « التحكم فى الجو » .

المساكن الأولى :

وقام الناس ببناء المنازل ، من المواد المحلية المتاحة ،
مستعينين فى ذلك بأدواتهم البدائية .

وفى بعض المناطق ، كانت المساكن الأولى مجرد
حفر فى باطن الأرض ، مغطاة بفروع الأشجار ،
والنباتات .

وفى مناطق أخرى ، وفى أثناء العصر الحجري ،

نشأت بدايات العمارة مع تكون المجتمعات الصغيرة ،
حيث كان الناس يسكنون فى مساكن من الخشب •

وفى مناطق أخرى ، كانت المساكن البدائية تبدو
مختلفة • كان بعضها من الطين ، وبعضها من الخيزران ،
أو من الخشب •

وكانت جميعها مصممة حسب الضرورة - لمواجهة
الاحتياجات الجوية ، للمناطق التى كانت تقام فيها •
وكانت العمارة تطويعا ذكيا للاحتياجات الجوية ،
وكان النجاح يعنى البقاء ، وكان الفشل معناه القناء •

عصر الحديد :

وكان التقدم التكنولوجى يتلخص فى المقدرة على
استخراج المعادن من باطن الأرض ، واستخدام الطاقة
الحرارية (النار) لتحويلها الى آلات وأسلحة •

وفى أول الأمر ، جاء النحاس ، ثم تلاء البرونز ،
وهو سبيكة بين النحاس والقصدير ، ثم جاء عصر
الحديد ، الذى بدأ فى أفريقيا ، أو فى بلاد المشرق ،
منذ حوالى ٢٤ قرنا من الزمان •

وفى أوروبا ، بدأ عصر الحديد فى المنطقة التى
تعرف اليوم بالنمسا ، واستمر منذ القرن الثانى عشر ،
حتى القرن السادس قبل الميلاد •

وكان هناك عصر حديد فى شمال أوروبا ، استمر منذ عام ٥٠٠ قبل الميلاد ، حتى القرن الاول الميلادى .

المصادر الطبيعية للطاقة :

وقبل عصر الاغريق والرومان ، كانت مصادر الطاقة الهامة الوحيدة ، هى المصادر الطبيعية - قوة المياه الساقطة ، واستخدام الرياح لتسيير السفن .
أما فى الصناعة ، فان مصدر الطاقة المركزى ، كان النار - من احراق الخشب .

وفى محاولة لتقدير قوة طواحين الماء ، التى كانت تستخدم فى الصناعات الأساسية ، والزراعة ، والرعى ، وطنح الفلال ، تبين أنه ، فى عام ١٠٦٦م - وهو العام الذى احتدمت فيه معركة هاستنجز - كان هناك فى انجلترا حوالى ثمانية آلاف طاحونة ماء ، تخدم مليون شخص . وكانت كل طاحونة تولد حصانين ونصف .
وتقدر هذه الطاقة بحوالى ضعف الطاقة التى بذلها مائة ألف رجل ، قاموا ببناء الهرم الأكبر .

أما الآلة الرئيسية الأخرى ، فى ذلك العصر ، فانها كانت طاحونة الهواء ، التى طورت فى بلاد فارس ، فى القرن السابع الميلادى .

وبحلول القرن الثالث عشر ، انتشرت طواحين الهواء فى أوروبا ، وأدخل عليها الهولنديون والانجليز تحسينات هامة .

أدوات الحرب :

وفي العالم الغربي، وحتى ظهور الثورة الصناعية، نجد أن التطوير في استخدام الطاقة ، لم يكن في أهمية التطوير في استخدام المواد (انتاج ادوات معدنية ، وأسلحة معدنية أفضل)، والفنون ، والعمارة ، والتجارة ، والزراعة .

وكان استخدام موارد الطاقة محدودا ، كما أن استخلاص المعادن لم يؤثر كثيرا في الانسان العادى .

وكان الكثير من أعمال المناجم والميسكنة ، في الحضارات الأولى – وفي بلاد الاغريق والرومان على وجه التحديد – يهدف الى اتقان صناعة أدوات الحرب .

وقد أدى اطلاق الطاقة عن طريق النار ، الى تمكين الناس من اشعال نار الحروب ، على نطاق واسع .

واستمر التقدم في استخدام الطاقة ، بأنواعها المختلفة ، يسير بخطى حثيثة .

انتاج الجازولين من الغاز الطبيعي

يجرى العمل على قدم وساق ، لانتاج عدد من المواد الكيميائية ، التي يمكنها أن تعمل كموامل مساعدة ، فى عدد من العمليات الكيميائية الصناعية الجديدة - من بينها انتاج جازولين رخيص الثمن من الغاز الطبيعي .

العوامل المساعدة :

هناك عامل مشترك بين الكائنات الحية ، وبين المجتمع الصناعى الحديث ، اذ يعتمد كلاهما على العوامل المساعدة ، الى درجة كبيرة .

والعوامل المساعدة هي مواد تضاف بمقادير صغيرة ، الى النظم الكيميائية المتفاعلة ، لزيادة سرعة التفاعلات الكيميائية ، دون أن يحدث لهذه المواد المضافة أى تغيير .

وفى جسم الانسان ، نجد عددا من العوامل المساعدة ، التى يطلق عليها اسم الانزيمات ، وهى تمكن الجسم من القيام بعملية هضم الطعام ، وتحريك العضلات ، وبناء الأنسجة ، وتخزين الطاقة ، والقيام بجميع العمليات الحيوية الأخرى .

أما فى الصناعة ، فنجد أن الانزيمات تساعد فى عدد من الصناعات الغذائية ، فهى تحول اللبن الى جبن ، وتحول السكر والنشاء الى كحول .

ولما كانت الانزيمات ضعيفة ، ولا تعمل الا تحت ظروف دقيقة ، فقد بدأ استبدالها بعوامل مساعدة ، من صنع البشر ، تستخدم فى معظم العمليات الصناعية .

ولولا هذه المواد المساعدة ، ما أمكن للصناعة أن تنتج ، على نطاق كبير ، منتجات هامة ، مثل الجازولين ، وزيت الوقود ، والمواد المانعة للتجمد ، والأسمدة ، ودهون الطهى ، والأقمشة ، واللدائن ، وغيرها .

ويقرر بعض العلماء ، أنه فى الولايات المتحدة وحدها ، يجرى صنع منتجات تبلغ قيمتها ٧٥٠ مليوناً من الدولارات ، كل عام ، بالاستعانة بالمعامل المساعدة .

سهولة لا يصدقها العقل :

وبالرغم من النجاح الهائل ، الذى حققته العوامل المساعدة ، التى هى من صنع البشر ، ظل الكيميائيون عشرات السنين ، ينظرون بعين الحسد ، الى الانزيمات الطبيعية ، التى تقوم بعملها بسهولة لا يصدقها العقل .

اذ يمكن للانزيم أن يقوم بتقسيم جزيء ، عند نقطة معينة ، ثم يقوم بوصل جزيئين بطريقة معينة ، أو نقل مجموعة من الذرات من جزيء الى آخر .

ويقوم الانزيم بتلك العمليات بدقة فائقة ، بحيث لا ينتج عن تلك العمليات الا الكمية اللازمة ، من المنتج المطلوب .

واليوم نجد أن علماء الكيمياء قد بدأوا في اللحاق بالطبيعة .

وحتى عهد قريب ، كنت ترى العلماء يختبرون مئات المواد ، بل آلاف منها ، على أمل أن يجدوا بينها عاملا مساعدا يقوم بالعمل المطلوب .

الهندسة الجزيئية :

واليوم بدأت في الظهور طريقة جديدة لانتاج المواد المساعدة .

ويرجع الفضل في ذلك الى تمكن العلماء من فهم التفاعلات الكيميائية ، بطريقة أحسن ، وإلى صنع أجهزة جديدة ، تمكن العلماء من مراقبة العمليات الكيميائية ، التي تقوم العوامل المساعدة بزيادة سرعاتها ، كما يرجع الفضل في ذلك الى ازدياد قوة أجهزة الكمبيوتر .

ويطلق على ذلك اسم الهندسة الجزيئية . وهذه الهندسة تساعد الباحثين في الوصول الى هدفهم الذي سعوا اليه طويلا ، ألا وهو صنع عوامل مساعدة ، تعمل بكفاءة ، مثلها في ذلك مثل الانزيمات .

أما الدكتور (هنرى تاوبه) أستاذ الكيمياء في

جامعة ستانفورد ، ومستشار شركة (كاتاليتيكا) ، وهي شركة رائدة في هذا المجال ، فانه يرى أن الكيميائيين قد وصلوا ، في كثير من الحالات ، الى النقطة التي يمكن عندها فهم العلاقة بين التركيب الكيميائي ووظائف المواد ، كما أصبح في امكانهم عمل تركيبات معقدة للغاية ، بعد أن كان ذلك أمرا شديدا الصعوبة من قبل .
وينتظر العلماء من الهندسة الجزيئية ، أن تجعل العمليات الكيميائية الحالية ، أبسط مسارا ، واقل فاقتا .

ليس هذا فحسب ، بل انها سوف تمكن المنتجين من انتاج مواد خام لمنتجات جديدة :
لدائن تقاوم النار الى درجة كبيرة ، أو شرائح أصغر حجما للصناعات الالكترونية ، وغير ذلك .

الجازولين من الغاز الطبيعي :

ويهدف أحد المشروعات الطموحة ، لتصميم المواد المساعدة ، الى الاستفادة من الغاز الطبيعي ، كمصدر للجازولين ، وغيره من أنواع الوقود والكيمائيات .
ذلك أن عددا كبيرا من خبراء استراتيجيات البترول ، على المدى الطويل يتوقعون أن ترتفع أسعار البترول مرة أخرى ، بمرور الوقت .

وهم يعتقدون أن أى شركة تنجح في تصميم طرق تعمل بالعوامل المساعدة ، لتحويل غاز الميثان (وهو

المكون الرئيسي للغاز الطبيعي) ، الى الكحول الميثيلي ،
فى خطوة واحدة . فى موقع البئر ، سوف تحقق مدة
الشركة مكاسب هائلة .

وهناك عوامل مساعدة يمكنها أن تقوم بالخطوة
التالية ، وهى تحويل الكحول الميثيلي الى جازولين ، ذى
درجة أوكتين عالية .

وفى نيوزيلاندا ، بدأ العمل فى أول مصنع تجارى،
يستخدم المواد المساعدة لهذا الغرض . الا أن الطريقة
المستخدمة فى هذا المصنع ، طريقة مكلفة ، وتستهلك
كميات كبيرة من الطاقة ، لتحويل غاز الميثان الى كحول
ميثيلي .

عامل مساعد جديد :

ولكن هناك عامل مساعد جديد ، أنتج بطرق الهندسة
الجزئية ، يمكنه أن ينتج الكحول الميثيلي من الغاز
الطبيعى والهواء ، بطريقة بسيطة ورخيصة .

كما يمكنه أن ينتج الكحول الميثيلي من الفحم ،
بعد تحويله الى غاز ، أو حتى من الكتلة الحيوية ، مثل
أعواد الذرة ، وقطع الخشب ، والقمامة ، وأنواع
أخرى من المخلفات الزراعية ، وهذا يقلل الاعتماد على
المصادر التقليدية للبترول .

وهناك مصانع صغيرة يمكن نقلها ، وتركيبها عند
مواقع آبار الغاز الطبيعى البعيدة ، لصناعة الكحول
الميثيلي بجوارها .

ثم يمكن بعد ذلك نقل هذا الكحول بالسيارات أو السفن ، بتكاليف تقل كثيرا عن تكاليف اسالة الغاز الطبيعي ، ونقله ، باستخدام ناقلات خاصة ، الى مواقع خاصة لتخزينه ، مبردة وعالية التكاليف .

وهناك مواد مساعدة ، يمكن استخدامها لانتاج مجموعة من المواد الكيميائية المفيدة ، من الغاز الطبيعي ، بطريقة بسيطة ، وبتكاليف محدودة .

فى خطوة واحدة :

ان الهندسة الجزيئية اللازمة لانتاج هذه المواد المساعدة ، التى تبدو للناس مواد سحرية ، قد أصبحت حقيقة واقعة .

ذلك أن عددا من هذه العوامل المساعدة ، يستخدم اليوم على نطاق واسع ، لزيادة كمية الجازولين التى تستخرج من برميل من الزيت ، و انتاج بعض الأنوية ، فى خطوة واحدة ، و انتاج مادة جاذبة جنسية ، تجذب الحشرات الى حتفها .

ويرى الدكتور (تاوبه) أن شركة (كاتاليتيكا) أمامها فرصة جيدة للوصول الى الاقتحام الكبير ، لتحويل غاز الميثان الى كحول ميثيلي .

وعلماء الكيمياء يعرفون أن ذلك يمكن تحقيقه .
فهناك كائنات دقيقة ، تحول غاز الميثان الى كحول

ميثيلي ، فى خطوة واحدة ، والمعروف أن الكيميائيين يستمرون الأفكار من الكائنات الدقيقة ، فى بعض الأحيان .

سياق نحو الهدف :

وحتى تتمكن شركة (كاتاليتيكا) من أن تسبق شركات النفط العملاقة ، والشركات الكيميائية الكبيرة ، مثل شركة اكسون ، وشركة شيفرون ، وشركة موبيل ، وشركة ديبون ، وشركة مونسانتو ، التى تتسابق للوصول الى نفس الهدف ، نجد أن شركة (كاتاليتيكا) قد جمعت مجموعة كبيرة من الباحثين ، تضم خمسة وعشرين باحثا من الحاصلين على الدكتوراه ، وخصصت للمشروع خمسة وعشرين مليونا من الدولارات ، جمعتها من ثلاثة من شركات الاستثمار .

وقد أعلنت شركة (كاتاليتيكا) عن عزمها على التحرك بسرعة ، نحو تجارب المصنع التجريبي Pilot Plant ، باستخدام عواملها المساعدة الجديدة ، وذلك عن طريق اختيار مدير انتاج ذى خبرة كبيرة ، وهو (ريتشارد فلمنج) ، المدير السابق لشركة (جاف GAF) ، ليكون مديرا للشركة .

أما (جيمس كوزومانو) ، المدير السابق لأبحاث العوامل المساعدة فى شركة (اكسون) ، والذى قام بتأسيس شركة (كاتاليتيكا) ، فانه قد تقدم الى مركز

الرئيس العام للشركة ، ليخلى مكانا للسيد (فلمنج) .
والمديرون التنفيذيون فى شركة (كاتاليتيكا)
يشعرون بأنهم متقدمون على منافسيهم من الشركات
الكبيرة .

ويرجع السبب فى ذلك الى أن شركتهم قد بدأت
مبكرة ، قبل غيرها ، فى أبحاث الهندسة الجزيئية
للمواد المساعدة .

ويرى (جون سينفلت) الكيميائى بشركة اكسون،
أن العديد من الشركات الكبيرة ، تتمنى لو كان لها
ما لشركة (كاتاليتيكا) من مقدرة على البحث العلمى .

مبيعات كبيرة :

وحتى اليوم ، وبغض النظر عن الدراسات التى
تجريها شركة (كاتاليتيكا) لعمل مواد مساعدة لبعض
المعلاء ، نجد أن المنتجات الوحيدة لهذه الشركة هي
المجسات sensors ذات العامل المساعد ، المصممة
لقياس تركيز أول أكسيد الكربون فى غازات المداخن ،
وذلك لمساعدة المصانع على جعل عمليات الاحتراق فيها
أكثر كفاءة .

ويعتقد البعض أن مبيعات هذه الشركة قد بلغت
حوالى مليونى دولار فى العام .

ولكن المديرين التنفيذيين لهذه الشركة ، يتحدثون

اعن عائدات سنوية ، تبلغ مائة مليون دولار ، خلال عدة أعوام ، وذلك من خلال مبيعاتها من العوامل المساعدة المستحدثة ، ومن مشروعات استثمارية بالاشتراك مع شركات اكبر ، تلك المشروعات التي سوف تصبح شركة (كاتاليتيكا) بمقتضاها شريكا في مصانع كيميائية ، تستخدم فيها عواملها المساعدة .

وفي البداية ، سوف تستخدم هذه الشركة عواملها المساعدة لزيادة الانتاج ، وتحسين نوعية الكيماويات المستخدمة في صناعة الأدوية ، والأغذية المعلبة ، وأنواع الوقود ، واللدائن .

وفيما بعد ، سوف تركز الشركة على صناعة عوامل مساعدة جديدة ، يمكنها أن تستخدمها في انتاج مواد غير موجودة في الوقت الحالى - مثل لدائن لها خواص غير عادية ، على سبيل المثال .

وقد ذكر (كوزومانو) أنهم يستعدون لقفزة هائلة ، لا لمجرد تحسينات هامشية .

طرق التسخين والضرب :

والهندسة الجزيئية ، كما تمارسها شركة (كاتاليتيكا) ، أو أى جهة أخرى ، تعتمد على المعلومات التى يحصل عليها الكيميائيون من مصادر بيولوجية ، مثل الانزيمات ، كما تعتمد على معلومات جديدة ، عن الطريقة التى تسير بها التفاعلات الكيميائية .

وشأنها فى ذلك شأن الكيمياء كلها ، نجد أن العوامل المساعدة ، القديم منها والحديث ، تتضمن كسر الروابط الكيميائية ، وتكوينها .

والفرق بين العوامل المساعدة التى أنتجتها الهندسة الجزيئية ، وبين العوامل المساعدة القديمة ، هى الرشاقة التى تتميز بها العوامل المساعدة الجديدة ، عند قيامها بعملها .

ذلك أن العوامل المساعدة القديمة كانت تعتمد على ما يسميه علماء الكيمياء ، بطرق التسخين والضرب ، تلك الطرق التى كانت تستخدم درجة حرارة عالية ، وضغطا عاليا ، لتنتج ، فى معظم الأحوال ، مزيجا من النواتج غير المرغوب فيها .

والمعروف أن ثلاثين فى المائة من الاستثمارات ، فى المصانع الكيميائية ، فى يومنا هذا ، إنما يخصص لتخليص النواتج من تلك المنتجات غير المرغوب فيها .

ويهدف العلماء اليوم الى خفض استهلاك الطاقة ، والمواد الخام ، وإنتاج نسبة أقل من المواد غير المرغوب فيها .

مثال ذلك أن تحويل غاز الميثان الى كحول ميثيلي ، سوف يجرى بنفس الطريقة التى تجرى بها الكائنات الدقيقة هذا التحويل ، بدون درجة حرارة عالية ، وبدون ضغط عال .

حفز التفاعلات الكيميائية :

ولتكوين عامل مساعد ، بطرق الهندسة الجزيئية ، يقوم علماء الكيمياء أولا بالتعرف على مجموعة من المواد ، لها الخصائص الكيميائية والفيزيائية المطلوبة .

ثم يقومون بتخليق هذه المواد ، باستخدام أدوات جديدة ، مثل أجهزة الرنين المغناطيسى النووى، المعروفة باستخداماتها فى تشخيص الأمراض ، ومثل نوع من مطياف امتصاص الأشعة السينية ، وذلك لمراقبة التفاعل المحفوز بالعوامل المساعدة ، أثناء تقدمه ، وتحليل كيميائه .

ويرى السيد (راسل كيانلى) ، الباحث الرئيسى فى شركة اكسون للبحث والهندسة ، أنه فى كل عام ، يتمكن العلماء من رؤية الأشياء عند مستوى أدق . وهذا يجعل حفز التفاعلات الكيميائية ، بالعوامل المساعدة ، أمرا أكثر إثارة .

ان التفاعلات الكيميائية المحفوزة ، التى كانت ، منذ سنوات قليلة ، سرا من الأسرار الدفينة ، أصبح من الممكن تفسيرها .

وفى كثير من الأحوال ، لم يعد العلماء يحتاجون الى الاستفسار عن أى العوامل المساعدة أفضل لتفاعل معين ، لأنهم باتوا يفهمون القواعد التى تحدد الاختيار الصحيح .

والعامل المساعد يشبه قائد الفرقة الموسيقية ،
الذى يقدم لنا الموسيقى الشجيرة ، دون ان يحدث
صوتا .

وكما تقود عصا واحدة عددا كبيرا من الموسيقيين ،
فان حفنة من العامل المساعد ، تقود التفاعلات الكيميائية
لأطنان من المواد .

والنسبة بين العامل المساعد والمنتج النهائي ،
يمكن أن تصل الى رطل واحد لكل ٢٥ مليون جالون .

ان ما يحدث في التفاعل المحفوز ، انما هو انتاج
سريع ومتكرر ، لجزيئات معينة ، بحيث يتبع هذا
التفاعل دورة متوازنة من الخطوات الأولية .

على أن أهم أساسيات الموضوع ، هو تبادل
الالكترونات بين العامل المساعد ، والمادة التي يتفاعل
م معها .

وهذه التفاعلات الالكترونية ، تضعف الروابط
الكيميائية ، وتكسرها ، وتعيد بناءها .

والعوامل المساعدة لا تفقد الكترونها ، ولكنها
تقرضها للمادة المتفاعلة ، ليس الا .

والنشاطية الحفازة تكمن عند سطح العامل
المساعد ، الذى هو ، فى أغلب الأحوال ، مركب فلزى .
وكثيرا ما تقوم الذرات الفلزية بدور العوامل

المساعدة ، لأن الكثير منها يستقبل الالكترونات ، أو يعطيها لغيرها من المواد ، بسهولة .

نواتج مختلفة :

والعوامل المساعدة المختلفة ، تمكن الكيميائيين من انتاج نواتج مختلفة ، من نفس المادة التى بدأوا بها .
مثال ذلك ان الكحول الايثلى المصبوب على أوكسيد الألومينيوم ، يتحول الى غاز الاثيلين .

أما اذا لامس جسيمات النحاس المعلقة الى درجة عالية، فان الكحول الاثيلى يتحول الى مركب الأستيلدهيد وهو مادة كيميائية ، ذات رائحة نفاذة ، تستخدم فى صناعة اللدائن .

وعندما يعامل الكحول الايثلى بعامل مساعد ، يسمى الزيوليت ، فانه يتحول الى جازولين .

الزيوليتات :

توجد هذه المواد ، فى الطبيعة ، فى الصخور البركانية ، وكرواسب من المواد الشبيهة بالطفلة ، وهى أكثر العوامل المساعدة ، المتعددة الأغراض ، استخداما فى الصناعة ، على نطاق واسع .

وهى احدى هدايا الطبيعة للكيميائيين ، لأنها ،

من وجوه كثيرة ، المثل الذى يجب أن يكون عليه العامل المساعد .

تتكون الزيوليتات من ثانى أكسيد السيليكون ، وكميات صغيرة من الألومنيوم ، ولها هندسة جزيئية محددة جيدا ، بها ثقب ، وقنوات ، وكهوف دقيقة .

وبسبب هذه الهندسة الدقيقة ، نجد أن الزيوليتات تقدم مساحات واسعة للغاية ، تسمح للعامل المساعد بالقيام بعمله .

وتبلغ هذه المساحات عدة مئات من الأمتار المربعة لكل جرام من الزيوليت .

وحسب حجم هذه القنوات وشكلها ، فإنها تسمح بمرور بعض الجزيئات دون غيرها .

درجة أوكتين عالية :

ولو كان هذا كل ما فى الأمر ، لأمكن استخدام الزيوليتات كمناخل ، تقوم بترشيح الجزيئات ذات الحجم المختلفة .

وفى الواقع ، كان هذا هو المقصود منها ، عندما أدخلتها شركة (يونيون كاربيد) الى الأسواق ، فى أواخر الخمسينات .

وسرعان ما لاحظ (بول وايز) ، أحد علماء

شركة (موبيل) النابيهين ، ان مسام عدد كبير من الزيوليتات ، تناسب حجوم وأشكال جزيئات النفط .

وبدا فى دراسة الزيوليتات كمواو مساعو مكنة ، على أساس أن ذرات الألومنيوم ، داخل قنوات الزيوليت ، سوف تؤثر ، بطريقة حفازة ، على جزيئات نوعيه ، بحيث تصل بينها فى بعض الأحوال ، وتفصلها فى أحوال أخرى .

مثال ذلك أن العالم (وايز) ، وعدوا غيره من علماء شركة (موبيل) ، وجدوا أن الزيوليتات تكسر الأيدروكربونات ، فى النفط الخام ، الى جازولين ذى درجة أوكتين عالية .

ويدأوا فى البحث عن زيوليتات تركيبية ، باستخدام طرق الهندسة الجزيئية .

زيادة الانتاج بنسبة أربعين فى المائة :

ويتلخص النجاح الأول لعملاء شركة (موبيل) فى توصلهم الى عامل مساعد تركيبى ، يستخدم فى عملية التكسير .

وقد طرح هذا العامل المساعد فى الأسواق ، فى عام ١٩٦٢ ، وأدى الى زيادة انتاج الجازولين بنسبة أربعين فى المائة ، بدون تغيير فى عدد وحدات التكسير .

واليوم نجد أن تسعين في المائة من وحدات التكسير المحفوز ، فى معامل تكرير النفط ، فى معظم بلاد العالم ، تستخدم الزيوليتات ، التى أصبحت صناعة تبلغ قيمة انتاجها ٢٥٠ مليوناً من الدولارات ، فى العام .

وقد تمكنت بعض الدول ، من التغلب ، الى درجة كبيرة ، على آثار حرب النفط ، التى شنتها الدول العربية ، فى عام ١٩٧٣ ، عندما قامت بانتاج جازولين اضافى ، عن طريق استخدام الزيوليتات .

عوامل مساعدة مفيدة :

ومنذ أوائل الستينات ، تمكن علماء شركة (موبيل) من تخليق أكثر من خمسين نوعاً من الزيوليتات ، وحولت ما يقرب من عشرة منها الى عوامل مساعدة مفيدة .

ومازال هؤلاء العلماء يبحثون عن استخدامات جديدة ، لأكثر منتجاتهم استخداماً ، وأوسعها انتشاراً ، ذلك الذى أطلقوا عليه اسم ZSM - 5

وهو يستخدم فى صور مختلفة ، فى عشر عمليات مختلفة ، لتحسين منتجات النفط ، والمنتجات الكيميائية ، ولصناعة أنواع الوقود التركيبى .

تحويل الغاز الطبيعي الى جازولين :

والمنتظر ان يقوم مركب ZSM-5 بتحويل الدحون الميثيلي الى جازولين ، ذى درجة أوكتين عالية ، فى مصنع نيوزيلاندا ، الذى قامت ببنائه شركة (بشتل) ، بالاشتراك مع شركة (موبيل) لحساب شركة نيوزيلاندا للوقود التركيبى .

وسوف يقوم هذا المصنع بانتاج ثلث احتياجات البلاد من الجازولين ، من الغاز الطبيعى .

وفى هذا المصنع ، ينتج الكحول الميثيلى بالطرق التقليدية ، ثم يقوم مركب ZSM-5 بتحويل جزيئات الكحول الميثيلى الصغيرة ، الى جزيئات جازولين اكبر حجما ، فى داخل قنوات هذا العامل المساعد المسامى .

أما العامل المساعد الذى تنتجه شركة (كاتاليتيكا) لتحويل غاز الميثان الى كحول ميثيلى ، فانه من المنتظر أن يساعد هذا العامل المساعد على تخطى مرحلة (التسخين والضرب) الأولى فى العملية ، الأمر الذى يجعل من الممكن القيام بهذا العمل بطريقة اقتصادية ، الى درجة أكبر .

انتاج مواد أخرى :

ان ما لمركب ZSM-5 من مقدرة مذهشة على تكوين جزيئات الجازولين ، ولا شئ غيرها ، لم يكن

نتيجة لتصميم مقصود .

الا أن علماء الكيمياء فى شركة (موبيل) قد تمكنوا من تخليق أنواع من مركب ZSM-5 ، تمكن العلماء من إيقاف عملية تحويل الكحول الميثيل الى جازولين ، لانتاج الايثلين والبروبيلين بدلا منه ، وهما مركبان مفيدان فى صناعة البتروكيماويات .

ويرى أحد الكيميائيين العاملين فى شركة (موبيل) أن لديهم الآن مصنعا للكيماويات ، يدار حسب الحاجة .

ان قصة الزيوليت لم تنته بعد . ويرى بعض الكيميائيين أن مئات التركيبات الجديدة من الزيوليتات، سوف يمكن تخليقها .

كسر الروابط :

ان أحد المفاتيح المؤدية الى العامل المساعد الذى يقوم بتحويل غاز الميثان الى كحول ميثيل ، والى عمليات تحويل أخرى يشترك فيها الغاز الطبيعى ، هو أن يقوم مهندسو المواد المساعدة بتعلم كيفية كسر الروابط بين ذرات الكربون والهيدروجين ، أو اضعافها ، وذلك فى مكونات الغاز الطبيعى ، عند نقطة دقيقة .

وحتى اليوم ، نجد أن الكيميائيين الذين يحاولون تحويل الغاز الطبيعى ، الى أنواع أخرى من الوقود والكيماويات ، يعوقهم فى عملهم عدم ثبات الجزيئات

التي تتكون فى الطريق ، ويستمر التفاعل فى السير فى اتجاهات لا يرغب فيها الكيميائيون ، حيث أنها تعطى منتجات غير مطلوبة .

وقد بدأ العلماء ، مؤخرا ، يتعلمون من نظم الانزيمات الطبيعية ، كيف يتغلبون على هذه العقبة .

انهم يتعلمون من الانزيمات :

ان بعض مزاوى هذا العلم الجديد للمحاكاة الحيوية ، الذى يهدف الى اضافة ما نتعلمه من الانزيمات ، الى العوامل المساعدة التى هى من صنع البشر . قد قطعوا شوطا فى أبحاثهم .

لقد وجدوا أن الانزيمات لها ميكانيكية للتخلص من الجزيئات غير الثابتة ، وإيقاف التفاعل عند نقطة معينة .

وبعد مجهود دام عشرة أعوام ، نجح الدكتور (جيمس كولمان) ، أستاذ الكيمياء فى جامعة ستانفورد، وأحد مستشارى شركة (كاتاليتيكا) فى تخليق عامل مساعد ، يقوم بمحاكاة ما تقوم به الانزيمات .

ومازال تصميم العوامل المساعدة عملا معقدا الى درجة كبيرة ، ومازال عدد كبير من التفاعلات المحفوزة غير مفهوم بدرجة كافية .

ولكن الكيميائيين لا يجدون فيما تمكنوا من تعلمه

فى المعامل ، وما أمكن تطبقه فى المصانع ، شىئاً
ثورىاً .

وىقول الدكتور (بروسى جىتس) مءىر مركز
علوم وتكنولوجيا المواد المساعءة ، فى جامعة ءىلاءىر :
ان هذه لىست الا البءاءة ، ولكنها ءشىر الى ما ىنتظر أن
ىتوصل الىه العلماء فى المستقبل .

الطاقة النووية

البحث عن موارد جديدة :

عندما تبين أن مصادر الطاقة المختلفة ، من فحم وبتترول وغاز ، سوف تنفذ بعد عدد من السنوات ، قدره البعض بخمسين عاما ، شرع العلماء فى البحث عن موارد جديدة للطاقة .

وفى عام ١٩٤٥ ، فجر الأمريكيون أول قنبلة ذرية ، فى صحراء نيومكسيكو . فرأى فيها العلماء بشائر طاقة جديدة ، لا يعرف أبعادها الا الله .

ثم بدأ العلماء فى اقامة المفاعلات النووية : يجرى فيها اطلاق الطاقة النووية ، وتحويلها الى طاقة حرارية ، تستخدم فى توليد الكهرباء .

جهز العلماء هذه المفاعلات النووية ، بأحدث ما قدمته التكنولوجيا الحديثة من وسائل الأمان . وسار كل شئ على أحسن حال .

كانت هناك بعض الصعوبات فى التخلص من

النفائات النووية • ولكن أحدا لم يكن يعرف ما يخبئ
القدر من مفاجآت •

الرعب النووى :

وفى أحد أيام شهر مارس من عام ١٩٧٩ ، طالعنا
صحف الصباح بأخبار مثيرة : لقد وقع حادث خطير
لمفاعل (ثرى مايل آيلاند) النووى ، بولاية بنسلفانيا
الأمريكية •

لقد تعرض نظام التبريد ، فى هذا المفاعل ،
لخلل مفاجئ : ذلك أن فقاعة غاز قد اعترضت نظام
التبريد ، الأمر الذى هدد قلب المفاعل بالانصهار
الكامل ، أو الانفجار ، أو تسرب الاشعاعات القاتلة الى
المنطقة المحيطة به •

وفى ٢ أبريل من عام ١٩٧٩ ، أعلنت السلطة
المحلية والفدرالية ، فى ولاية بنسلفانيا الأمريكية ،
حالة الطوارئ القصوى ، لمواجهة احتمالات الكارثة
النووية ، التى قد تترتب على انفجار المفاعل النووى،
فى محطة (ثرى مايل آيلاند) النووية •

واستعدت السلطات للقيام بأكبر عملية إجلاء
للمدنيين ، تتم فى وقت السلم ، لنقل ما يقرب من
مليون شخص ، من سكان المقاطعات الست للولاية ،
الذين يعيشون فى مساحة تزيد عن ٣٢٥٥ كيلومترا
مربعا •

أخطار الإشعاعات الذرية :

عرفت السحابة الذرية ، لأول مرة ، عام ١٩٤٥ .
بعد أول تجربة للقنابل الذرية ، فى صحراء نيومكسيكو
الأمريكية .

ولكن لم يعرف العلماء مدى انتشارها ، واثارها ،
الا فى العام التالى ، عندما تبين أن بعض افلام التصوير ،
التي تستخدم فى المستشفيات ، لتصوير أعضاء المرضى ،
باستخدام الأشعة السينية ، قد تعرضت للتشويش .

وتبين أن الورق المقوى ، الذى استخدم فى لف
هذه الأفلام ، يحتوى على مواد مشعة .

لقد صنع هذا الورق من نباتات تزرع فى منطقة
الغرب الأوسط الأمريكى . وقد تأثرت هذه المنطقة
بالغبار الذرى ، الذى نتج عن القنبلة الذرية ، التى
فجرها العلماء فى العام السابق .

وقرب نهاية الحرب العالمية الثانية . فى عام
١٩٤٥ ، ألقت قاذفات القنابل الأمريكية قنبلتين
ذريتين على مدينتى هيروشيما وناجازاكي ، فى
اليابان .

ولقى عدة آلاف من سكان المدينتين مصرعهم ،
نتيجة للتعرض ، بصورة مكثفة ، للإشعاعات الذرية .
لقد شكلت أكاديمية العلوم القومية الأمريكية لجنة

لمتابعة آثار التعرض للاشعاعات الذرية ، على الأحياء من اليابانيين ، الذين نجوا من الهلاك فى هاتين المدينتين المنكوبتين .

وتبين ان أهم هذه الآثار ، أعتام عدسة العين ، واصابة الغدة الدرقية بالأورام ، والاصابة بسرطان الدم ، والتغيرات الكروموسومية فى الكرات الدموية ، وضعف النمو ، وخاصة عند الصغار .

وظهر بعض حالات الاصابة بالتخلف العقلى ، بين أولئك الذين كانوا داخل أرحام أمهاتهم ، خلال الأشهر الثلاثة الأولى من الحمل .

واليوم ، وبعد مرور أكثر من ٤٣ عاما على القاء القنبلتين الذريتين على هاتين المدينتين ، نجد أن خطر الاصابة بالسرطان مازال قائما .

ماذا حدث لسكان جزيرة بكينى ؟

فى الفترة بين عامى ١٩٤٦ و ١٩٥٨ ، أجريت فى جزيرة بكينى ، ٢٣ تجربة نووية من بينها ذلك التفجير الذى أجرى لقنبلة أيدروجينية ، ألقيت من طائرة ، فى عام ١٩٥٦ .

لقد أبعد سكان جزيرة بكينى ، وسكان عدد من الجزر الأخرى بالمنطقة ، قبل اجراء هذه التجارب .

وفى أواخر الستينات ، سمح لأهالى جزيرة بكينى
بالمودة الى موطنهم .

لكن السلطات الأمريكية اضطرت الى اخلاء الجزيرة ،
مرة أخرى ، فى أواخر السبعينات ، عندما تبين
للمختصين ، خطورة الاشعاعات الذرية ، الناتجة عن
التجارب النووية السابقة .

لقد دلت نتائج الاختبارات ، والدراسات ، على أن
كمية الاشعاع الذى تتعرض له جزيرة بكينى ، والجزر
المجاورة ، مازالت تزيد عن المستويات الآمنة .

وتبين أن المواد الاشعاعية ، التى تخترق العظام ،
قد لا تصل الى مستوى الأمان ، فى جزيرة بكينى ، قبل
مرور عشرات السنين .

أمراض نتجت عن التعرض للاشعاع :

اكتشف الباحثون فى جامعة أمريكية ، حالات
اصابة بسرطان الدم ، بين الأطفال الذين ولدوا فى
مناطق تعرضت للفبار الذرى المتساقط ، بعد تجارب
الأسلحة النووية ، التى أجريت فى ولاية نيفادا
الأمريكية .

كما تعرض الجنود الذين اشتركوا فى هذه
التجارب ، للاشعاعات الذرية ، التى أصابتهم بالمجزر ،
بصور مختلفة .

لقد رفع بعض هؤلاء الجنود دعاوى ضد الحكومة الأمريكية ، يطالبون بتعويضات كبيرة ، عن هذه الاصابات الفادحة .

أما العاملون السابقون في مصنع هاتمورد ، بولاية واشنطن ، حيث كان يجرى إنتاج البوتونيوم اللازم لصناعة الأسلحة النووية ، فقد قام بعض العلماء بدراسة سجلاتهم .

لقد تبين أن هناك حالات اصابة بالسرطان ، وبغيره من الأمراض الناتجة عن التعرض للاشعاع ، بين أولئك الذين تعرضوا ، لفترات طويلة ، للاشعاعات الذرية .

هل تسربت الاشعاعات الذرية من المفاعل ؟

أما بالنسبة لمفاعل (ثرى مايل آيلاند) النووى ، فقد وجد الخبراء فى مياه تبريد المفاعل ، بعض المواد الناتجة عن عملية الانشطار النووى فى قلب المفاعل ، وهى غاز الكريبتون ، وغاز الكسينون ، واليود ١٣٣ .

كما وجدت بعض الآثار الطفيفة للمعصرين المشعين ، الخطرين للغاية ، السيزيوم ١٣٧ ، والسترونشيوم ٩٠ . ان عنصر السترونشيوم ٩٠ المشع ، الذى ينتج عن التفجيرات النووية ، تجده اليوم فى كل مكان تقريبا .

ومع الاستمرار فى التجارب النووية ، نجد أن

مستويات التلوث ، من هذا العنصر ، فى ارتفاع مستمر *

يتساقط هذا العنصر على المراعى ، فترعى عليه الأبقار والأغنام ، فيؤثر فى ألبانها *

وحين يشرب الانسان هذه الألبان ، تتلف عظامه وتمرص *

والنسب العالية من هذا العنصر ، تؤثر فى نخاع العظام ، وتؤدى للوفاة *

لقد أثرت المواد المشعة ، التى تسربت من مفاعل (ثرى مايل آيلاند) ، على منتجات الألبان ، فى المنطقة المحيطة بمدينة هاربسبرج ، عاصمة بنسلفانيا ، حيث تلوثت بكميات ضئيلة من الاشعاعات الذرية *

ولكن مازالت قطعان الماشية تتغذى على أعلاف الشتاء ، التى لم تتعرض للتلوث بمادة اليود المشع ، الذى يمكن أن ينتقل مع الألبان ، الى الأطفال سريعى النمو ، حيث يتركز فى غددهم الدرقية ، فيعرضها للاشعاع القاتل *

هل تعرض العاملون فى المفاعل للاشعاع ؟

يقاس تعرض الأدميين للاشعاع ، بوحدات تسمى « ريم » *

والواقع أن الأحياء ، على ظهر الأرض ، يتعرضون باستمرار ، للإشعاعات الصادرة من عدة مصادر .

ويمتد أن هذه الإشعاعات تساهم في عملية التقدم في السن .

ان عشرات من جزيئات الأشعة الكونية ، ذات الطاقة العالية ، تخترق أجسام البشر ، في كل ثانية .

لقد تعرض للإشعاعات ، ثمانية من العاملين في مفاعل (ثرى مايل آيلاند) النووي .

وتراوحت قوة الإشعاعات التي تعرضوا لها بين ريم ، وريم ونصف .

ويلاحظ أن الكمية المسموح بالتعرض لها ، لا ينبغي أن تزيد عن ٣ ريم في كل ثلاثة شهور ، أو خمسة في كل عام .

تركيب المادة :

وحتى يمكن لنا أن نفهم جيدا ما حدث في مفاعل (ثرى مايل آيلاند) النووي ، فانه يجب علينا أن نراجع باختصار ، معلوماتنا السابقة في تركيب المادة .

تتكون جميع المواد من ذرات صغيرة . ففي قطرة ماء صغيرة ، تجد ٣٠ ألف مليار ذرة أوكسجين ، و ٦٠ ألف مليار ذرة أييدروجين .

تتكون الذرة من نواة ، تدور حولها الالكترونات
بسرعة تبلغ سبعة ملايين مليار دورة في الثانية •

وتتكون نواة الذرة من بروتونات ونيوترونات •
والبروتونات جسيمات تحمل شحنات كهربية موجبة ،
أما النيوترونات فهي جسيمات لا تحمل شحنة كهربية •

والبروتونات والنيوترونات لها نفس الكتلة
تقريبا •

أما الالكترونات ، فهي جسيمات تحمل شحنة
كهربية سالبة ، مساوية في المقدار لشحنة البروتون •
وتبلغ كتلة الالكترون الواحد $1/2000$ من كتلة
البروتون أو النيوترون •

ويوجد في الذرة من الالكترونات ، عدد مساو لعدد
البروتونات الموجودة في نواة هذه الذرة • وعلى ذلك ،
فالذرة متعادلة كهريا •

والذرات صغيرة للغاية • إلا أن نواة الذرة أصغر
كثيرا من الذرة نفسها • ويقدر العلماء أن قطر الذرة
يبلغ حوالي 10^{-10} مرة قطر نواة الذرة ، التي تتركز
فيها كتلة الذرة •

ويقدر أن كثافة نواة الذرة أكثر من ١٠٠
مليون طن لكل سنتيمتر مكعب •

العناصر الكيميائية والنظائر :

تحدد الذرة بعدد البروتونات ، وعدد النيوترونات ،
التي تحتوى عليها نواة الذرة ، ويسمى هذا العدد بالعدد
الذرى .

والذرات التي لها نفس العدد الذرى لها نفس
الخواص الكيميائية ، حتى ولو لم تكن تحتوى على
نفس العدد من النيوترونات .

انها تنتمى الى نفس العنصر الكيميائى الذى يرمز
له برمز معين . مثال ذلك أنه يرمز لعنصر الأيدروجين
بالرمز (يد ، H) .

ويوجد فى الطبيعة ٩٠ عنصرا كيميائيا . كما
أمكن تخليق عدد من العناصر الكيميائية (مثل عنصر
البلوتونيوم) .

أما الذرات التى تحتوى على نفس العدد من
البروتونات ، وعلى عدد مختلف من النيوترونات ، فإنه
يطلق عليها اسم النظائر .

ونظائر نفس العنصر تختلف فى أوزانها الذرية،
ولكنها تتشابه فى خواصها الكيميائية .

أما الخواص الفيزيائية لنظائر نفس العنصر ،
فهى خواص مختلفة . وكذلك الحال بالنسبة للخواص
النووية .

ويوجد من النظائر ٣٢٥ نظيرا طبيعيا ، كما أمكن
تخليق ١٢٠٠ نظير آخر .

وبواسطة الكتروناتا ، تتجمع الذرات لتكون
الجزيات .

وكل نوع من الجزيات يميز مادة معينة نقية .
الا أن معظم المواد التى نقابلها فى الطبيعة ، ليست
الا خليطا من نوعين أو أكثر ، من هذه الجزيات .

حالات المادة :

توجد الأجسام فى حالات مختلفة ، حسب درجة
حرارتها .

ف عند درجات الحرارة المنخفضة ، تكون الجزيات
تحت تأثير حركات تذبذبية ضعيفة . لذلك ، فان
الجزيات تبقى مرتبطة ببعضها البعض ، حسب نظام
هندسى منتظم .

وتسمى هذه الحالة ، بالحالة الصلبة ، ومن
أمثلتها الجليد .

فاذا ارتفعت درجة الحرارة ، زاد مدى حركة
الجزيات فى الانزلاق فوق بعضها البعض ، وينصهر
الجسم الصلب ، ويتحول الى الحالة السائلة ، ومن
أمثلتها الماء .

واذا زادت درجة الحرارة أكثر من ذلك ، تصبح

الجزئيات مستقلة عن بعضها البعض • وتتحول المادة الى الحالة الغازية • ومن أمثلة ذلك بخار الماء •

وعند درجات الحرارة شديدة الارتفاع ، تتحطم الجزئيات والذرات ، تحت تأثير التصادمات العنيفة ، وتفقد إلكتروناتها تدريجيا • عندئذ يقال أن الذرات قد تأينت •

ويسمى هذا الخليط من الإلكترونات ، والذرات المتأينة ، باسم البلازما • ومن أمثلة ذلك ما هو حادث داخل الشمس •

هذه هي حالات المادة الأربعة • أما درجات الحرارة التي يحدث عندها التغير من حالة الى أخرى ، فانها تختلف من مادة الى أخرى •

هذه صورة مبسطة للغاية ، لتركيب المادة • وذلك لأن هناك في الحقيقة عدة عشرات من الجسيمات الأولية ، بخلاف الإلكترون والبروتون والنيوترون • ولكن هذه الصورة المبسطة تسمح بتقديم الاستخدامات الرئيسية للطاقة النووية •

النشاط الإشعاعي :

في الطبيعة ، نجد أن الذرات ليست كلها ثابتة • فبعض الذرات يتحول تلقائيا الى ذرات أخرى ، (أشعة ألفا ، وأشعة بيتا ، وأشعة جاما) •

وهذه الظاهرة مستقلة تماما عن الالكترونات ،
وبالتالى عن الخصائص الكيميائية للذرة .

وعلى ذلك ، فان نواة ذرة اليورانيوم ، تتحول ،
عن طريق عدد من التحولات الوسيطة ، الى صورة ثابتة
(وهى عنصر الرصاص ٢٠٦) .

ويلاحظ أن كل تفاعل تحلل ، يطلق الطاقة ، على
صورة أشعة .

أشعة ألفا :

وتتكون من نواة ذرة الهيليوم ، التى تحتوى على
بروتونين ونيوترونين ، وهى بذلك تحمل شحنتين من
الكهرباء الموجبة .

وذرة اليورانيوم ٢٣٨ ، التى يثقل نواتها
البروتونات والنيوترونات ، تتحول الى ذرة ثوريوم
٢٣٤ ، مطلقة أشعة ألفا .

أشعة بيتا :

وتتكون من الكترونات .

ومن الحالات التى تطلق فيها أشعة بيتا ، حالة ذرة
عنصر الثوريوم ٢٣٤ ، التى تثقل نواتها النيوترونات .
عندما تتحول ذرة عنصر الثوريوم ٢٣٤ ، الى ذرة
عنصر ، البروتواكتينيوم ، يتحول نيوترون الى بروتون ،
وتطلق النواة الكترونا سالبا .

أشعة جاما :

وهي ذبذبة مغناطيسية كهربية ، ذات طول موجة قصير للغاية . وطبيعتها مشابهة لطبيعه الاشعة السينية .

تتخلص النواة من جانب كبير من الطاقة ، الذي يرجع الى ان البروتونات ، والنيوترونات ، لم تصل الى حالة الاتزان .

ويلاحظ أن اطلاق أشعة جاما ، يكون دائما مصحوبا باطلاق أشعة ألفا وبيتا .

التفاعلات النووية الصناعية :

فى عام ١٩١٩ ، تمكن العالم البريطانى (رذرفورد) من الوصول ، لأول مرة ، الى تفاعل نووى صناعى .

لقد تمكن من تحويل ذرات عنصر النيتروجين ، الى ذرات أيديروجين وأوكسجين ، وذلك بقذفها بقذائف يتكون كل منها من نواة عنصر الهيليوم .

وفى عام ١٩٣٤ أمكن تحويل ذرات الألومنيوم ، الى ذرات فوسفور ، ونيوترونات وذلك بقذفها بقذائف من نواة عنصر الهيليوم .

لقد كانت ذرات الفوسفور الناتجة ، ذات نشاط اشعاعى . فتحوّلت الى ذرات عنصر السيليكون ٣٠ الثابتة ، وذلك باطلاق أشعة بيتا .

وقد أمكن ، بهذه الطريقة ، الحصول على أول
عنصر مشع مصنوع .

إطلاق الطاقة النووية :

تتكون نواة الذرة من جسيمات غير مشحونة
كهربيًا ، وهى النيوترونات ، وجسيمات مشحونة
بالكهربية الموجبة ، وهى البروتونات .

ولما كانت البروتونات تحمل شحنات كهربية
متشابهة فى الإشارة ، فإنها تتنافر مع بعضها البعض .
ولكنها مع ذلك تبقى متماسكة .

وتكون كتلة النواة أقل من مجموع كتل مكوناتها ،
لو كانت حرة .

وعلى ذلك ، نجد فى النواة نقصا فى الكتلة يعادل
كمية معينة من الطاقة ، تلزم لحفظ مكونات النواة
متراصة مع بعضها البعض .

ويجب مد النواة بهذه الكمية من الطاقة ، حتى
تتفكك مكوناتها .

وقد وجد أن هذه الطاقة تساوى النقص فى
الكتلة ، مضروباً فى مربع سرعة الضوء ، أو ، بعبارة
أخرى الطاقة = النقص فى الكتلة \times مربع سرعة
الضوء .

وبسبب كبر سرعة الضوء (٣٠٠ ألف كيلو متر
فى الثانية) ، فإن نقصاً صغيراً فى الكتلة ، يقابله
كمية هائلة من الطاقة .

على أن هذا النقص فى الكتلة (أو طاقة الترابط التى تتناسب معه) ليس متساويا فى كل نواة . ذلك أنه يختلف من نواة الى أخرى .

ان هذه الطاقة صغيرة نسبيا فى نواة خفيفة ، مثل نواة ذرة الأيدروجين . كما أنها كبيرة للغاية فى نواة متوسطة ، مثل نواة ذرة الحديد . الا أنها اقل من مستوى الطاقة فى نواة ثقيلة ، مثل نواة ذرة اليورانيوم .

وتظهر الطاقة النووية نتيجة لاختفاء المادة ، أو بعبارة أخرى ، نتيجة لزيادة فى نقص الكتلة .

ولإطلاق الطاقة النووية ، فانه يلزم عمل تغيير يؤدى الى انتاج أنوية متوسطة الكتلة ، يصل فيها النقص فى الكتلة الى نهايته العظمى .

ومن هنا كانت فكرة اكتشاف نوعين من التفاعلات النووية ، التى تؤدى الى إطلاق طاقة النواة :

- ١ - انشطار النواة الثقيلة الى نواتين أقل وزنا .
- ٢ - اندماج أنوية خفيفة ، لتكوين نواة أثقل وزنا .

الانشطار النووى :

ان انشطار نواة ثقيلة (مثل نواة ذرة اليورانيوم ٢٣٥) تحت تأثير قذفها بنيوترون ، يؤدى الى تكوين نواتين أخف وزنا .

ويصاحب هذا الانشطار النووي ، انطلاق الطاقة النووية ، بسبب النقص فى الكتلة .
كما يؤدى ، فى نفس الوقت ، الى تحرير نيوترونين أو ثلاثة .

التفاعل المتسلسل :

ويستطيع كل نيوترون ، ينتج عن التفاعل السابق ، أن يبدأ بدوره تفاعلا انشطاريا ، يؤدى الى انطلاق عدد من النيوترونات ، يقوم كل منها ، بدوره ، ببدا تفاعل انشطارى ، وهكذا .

ويسمى هذا بالتفاعل المتسلسل .

الكتلة الحرجة :

ويمكن للنيوترونات أن تمتص فى اليورانيوم ٢٣٨ ، كما يمكن أن تهرب ، دون أن تقوم بدورها فى بدء تفاعل انشطارى .

ولكن ، حتى يمكن للتفاعل المتسلسل أن يستمر ، فانه يجب علينا أن نجتمع ، فى حجم معين ، كمية كافية من الأنوية القابلة للانشطار ، (وهو ما يسمى بالكتلة الحرجة) . وذلك حتى يكون عدد النيوترونات المؤثرة (أو تلك التى تؤدى الى الانشطار) أكبر من عدد النيوترونات غير المؤثرة (التى تمتص أو تهرب) .

القنبلة الذرية والمفاعل النووى :

تتكون القنبلة الذرية من كتلة حرجة ، من مادة انشطارية ، ينتشر فيها التفاعل المتسلسل ، بسرعة كبيرة للغاية ، تؤدى الى تفاعل متفجر ، يطلق كمية هائلة من الطاقة .

أما المفاعل النووى ، فانه يتكون من كتلة حرجة ، من مادة انشطارية ، يجرى فيها تفاعل متسلسل ، بحيث يمكن التحكم فيه بطريقة يمكن معها اطلاق الطاقات ، بكميات معينة ومحسوبة .

الاندماج النووى :

وهو تفاعل الأنوية الخفيفة ، مثل أنوية الديوتيريوم ، أو التريتيوم ، التى تندمج لتكون نواة أثقل .

ويمصاحب هذا التفاعل النووى اطلاق للطاقة ، نتيجة للنقص فى الكتلة .

ويلاحظ أن ظاهرة الاندماج النووى لا يمكن تحقيقها الا عند درجات حرارة مرتفعة للغاية ، تبلغ مئات الملايين من الدرجات .

ويلزم لهذا الغرض اثارة حرارية مرتفعة ، لتقريب الأنوية التى تحمل شحنات كهربية ، من نفس النوع ، من بعضها البعض .

ويجرى هذا الاندماج النووى ، بصورة طبيعية ،
فى الشمس والنجوم .

كما يتم ، بصورة صناعية ، فى عملية تفجير
القنبلة الأيدروجينية ، حيث يمكن الوصول الى درجة
الحرارة الابتدائية المرتفعة ، نتيجة لتفجير قنبلة ذرية .

ويقوم العلماء ، اليوم ، بدراسة الظروف التى
تسمح بتحقيق الاندماج النووى ، الذى يمكن التحكم
فيه ، بحيث يمكن الاستفادة من الطاقة الناتجة .
استخدام الطاقة النووية فى توليد الكهرباء :

ويمكن الاستفادة من الطاقة النووية ، التى تنتج
عن تفاعل الانشطار النووى ، الذى يحدث داخل مفاعل
نووى ، على صورة طاقة حرارية ، فى توليد الكهرباء .

ان التفاعل الانشطارى لجرام واحد من عنصر
اليورانيوم ٢٣٥ ، يطلق من الطاقة ما يعادل الطاقة
الناتجة عن احتراق طنين ونصف طن من الفحم .

المفاعل النووى :

ان تشغيل مفاعل نووى ، يعنى أن نتيح الفرصة ،
لتفاعل انشطارى متسلسل ، ليأخذ مجراه ، وأن نتحكم
فى هذا التفاعل ، بحيث يبقى دائما عند مستوى ثابت .

ويمكن للنيوترونات الناتجة عن هذا التفاعل
الانشطارى :

- - أن تبدأ تفاعلات انشطارية جديدة .
 - - أن تمتصها أنوية غير منشطرة .
 - - أو أن تهرب من المفاعل النووى .
- ويجب ايجاد اتزان بين هذه الاحتمالات الثلاثة ، بحيث يبقى عدد التفاعلات الانشطارية ثابتا .
- ان حدوث ألف تفاعل انشطارى ، يؤدى الى توليد حوالى ٢٥٠٠ نيوترون .
- ولحفظ عدد التفاعلات الانشطارية ثابتا ، يجب أن يشترك ألف نيوترون فى تفاعلات انشطارية جديدة ، بينما يمتص ، أو يهرب ، ١٥٠٠ نيوترون .
- ويتم اختبار مواد البناء ، وحساب حجم المفاعل النووى ، بحيث يمكن تحقيق هذا الاتزان .
- ويجرى التنظيم الدقيق لهذا التفاعل ، باستخدام قضبان التحكم .

الوقود النووى :

- تنقسم أنواع الوقود النووى ، المستخدم فى المفاعلات النووية ، الى ثلاثة أنواع :
- اليورانيوم الطبيعى ، واليورانيوم الذى زيدت فيه نسبة اليورانيوم ٢٣٥ ، ثم البلوتونيوم .

ويحتوى اليورانيوم الطبيعى على نظيرين :
اليورانيوم ٢٣٨ ، واليورانيوم ٢٣٥ . ويحوى
اليورانيوم الطبيعى على ٩٩.٣٪ من اليورانيوم ٢٣٨ ،
و ٠.٧٪ من اليورانيوم ٢٣٥ .
ان أنوية اليورانيوم ٢٣٥ هى وحدها القابلة
للانشطار .

أما أنوية اليورانيوم ٢٣٨ ، فيمكنها اقتناص
النيوترونات ، لتتحلل الى عنصر البتونيوم ٢٣٩ ، ثم
ثم الى البلوتونيوم ٢٣٩ القابل للانشطار .
تخفيض سرعة النيوترونات :

وفى داخل المفاعل النووى الذى يعمل باليورانيوم
الطبيعى ، أو باليورانيوم الذى زيدت فيه نسبة انظير
٢٣٥ بدرجة صغيرة ، نجد أنه من الضرورى تخفيض
سرعة النيوترونات ، التى تنطلق من النواة ، أثناء
انشطارها .

ويكون انطلاقها بسرعات كبيرة (حوالى ٢٠ ألف
كيلو متر فى الثانية) .

ويزداد احتمال قيام هذه النيوترونات باحداث
انشطارات جديدة ، كلما انخفضت سرعتها ، وبالتالي
طاقتها ، الى مستوى الاهتزاز الحرارى ، عند درجة
حرارة اليورانيوم (حوالى ٢ كيلو متر فى الثانية) .
وعلى ذلك ، فانه يجب تحويل النيوترونات السريعة،
الى نيوترونات بطيئة ، أو نيوترونات حرارية .

ولتخفيض سرعة النيوترونات ، تستخدم مواد مثل الجرافيت ، أو الماء الثقيل ، تحتوى على أنوية خفيفة .

ويلاحظ أن قدرة أنوية هذه المواد على تخفيض سرعة النيوترونات ، تزداد ، كلما كانت هذه الانوية قريبة من كتلة النيوترون .

ذلك أنه من المشاهد ، أننا اذا قذفنا بلية صغيرة ، الى كرة بلياردو ، فان البلية ترتد ، دون أن تصد سرعتها .

أما اذا قذفنا هذه البلية الى بلية أخرى ، فانها تنقل اليها جزءا من طاقتها ، أو قد تنقل طاقتها كلها ، وبذلك تقل سرعتها .

ولابطاء سرعة النيوترون الناتج عن الانشطار ، الى سرعة الاهتزاز الحرارى ، فانه يجب أن يتعرض هذا النيوترون الى ٢٢٠٠ تصادم مرن مع أنوية عنصر اليورانيوم ٢٣٨ ، أو ١٥٠ تصادما مرنا مع أنوية عنصر الأوكسجين ، أو ١١٤ تصادما مرنا مع أنوية عنصر الكربون ، أو ٣٥ تصادما مرنا مع أنوية الديوتيريوم (الأيدروجين الثقيل) ، أو ١٨ تصادما مرنا مع أنوية الأيدروجين الخفيف .

ولكن يجب ألا ننسى أن بعض الأنوية تحتفظ بتلك النيوترونات التى تصطدم بها .

ولعمل أقل المواد المخفضة للسرعة احتفاظا

بالنيوترونات ، هي الماء الثقيل ، وكربون الجرافيت .
ويتم اختيار مخفض سرعة النيوترونات ، حسب
تكاليف شرائه ، وحسب قدرته على خفض سرعة
النيوترونات ، وعلى الطريقة التي يمتص بها هذه
النيوترونات .

المبردات أو الموائع الناقلة للحرارة :

وننقل الحرارة من قلب المفاعل الى خارجه ،
يستخدم مائع مثل غاز ثنائي اوكسيد الكربون ، تحت
ضغط مرتفع ، لان هذا المائع يمكن بسهولة امراره
بسرعة في المفاعل ، ولأنه ينقل الحرارة بصورة
مرضية .

أضف الى ذلك أن هذا الغاز خافض جيد لسرعة
النيوترونات ، ولا يمتص الا عددا قليلا من تلك
النيوترونات .

وهناك مبردات أخرى ، مثل الهيليوم ، والماء
العادي تحت ضغط جوى ، أو تحت ضغط مرتفع أو
في حالة غليان ، أو الماء الثقيل ، أو الفلزات السائلة
(مثل الصوديوم) ، أو السوائل العضوية (مثل
الأيدروكربونات) .

وعند خروجها من المفاعل، تمر هذه الموائع الناقلة
للحرارة ، داخل مبادلات حرارية ، حيث تحول الماء الى
بخار ، دون أن تلامسه .

وهذا البخار يقوم بإدارة التربينات ، فى محطة توليد الكهرباء .

التحكم فى المفاعل :

ولتنظيم سرعة التفاعل المتسلسل ، الذى يجرى داخل المفاعل النووى ، تستخدم قضبان التحكم .

وهى قضبان مصنوعة من مواد شديدة الامتصاص للنيوترونات ، مثل البورون أو الكادميوم .

إذا أنزلت هذه القضبان الى قلب المفاعل النووى ، قلت نشاطيته . أما إذا رفعت بعيدا عنه ، زادت نشاطيته .

وهناك قضبان للأمان ، تصنع من نفس مواد القضبان السابقة . وهى تسقط بطريقة آلية ، داخل المفاعل النووى ، فى حالة حدوث حادث طارئ (مثل خلل فى دائرة التبريد) ، بحيث يتوقف التفاعل المتسلسل فى الحال .

ويجرى التحكم فى المفاعل ، من غرفة تجمع فيها أجهزة التشغيل ، وأجهزة القياس التى تبين المعلومات اللازمة ، مثل شدة مجال النيوترونات ، ودرجة حرارة الوقود النووى ، ودرجة الحرارة وضغط المائع الناقل للحرارة ، وما الى ذلك .

وثمة جهاز هام آخر ، للتحكم فى المفاعل النووى ،
ألا وهو جهاز مراقبة تمزق الأغلفة .

ذلك أن عناصر الوقود النووى ، تغلف فى أغلفة
معدنية ، وذلك لمنع انتشار نواتج الانشطار ، فى
دائرة التبريد .

هذه الأغلفة المعدنية ، معرضة للتشقق ، تحت تأثير
درجة الحرارة المرتفعة ، والأشعاع لذلك ، كان من
الضرورى أخذ عينات من المائع الناقل للحرارة ،
وتحليلها ، وتكرار ذلك بصفة مستمرة .

ماذا حدث فى محطة (ثرى مايل آيلاند) النووية ؟

حدث انسداد فى أنبوبة فى نظام التبريد ، الخاص
بالمفاعل النووى . وتوقفت مضخة تبريد المفاعل عن
تأدية وظيفتها .

وتكونت فقاعة غازية ، تتكون من خليط من
غازات الأيدروجين ، والكربيتون ، واليود ١٣٣ .
وتمددت الفقاعة ، بتأثير الحرارة ، حتى بلغ حجمها
١٨٠٠ قدما مكعبا .

وتركزت جهود العلماء فى التخلص من هذه الفقاعة ،
وذلك بتحويل الأيدروجين الى ماء ، حتى يمكن لنظام
التبريد ، فى المفاعل النووى ، أن يعاود سيرته الأولى .
وبذلك يمكن تفادى احتمال انصهار قلب المفاعل ،

الأمر الذى كان من الممكن ، أن يؤدى الى أضخم كارثة
فى تاريخ البشرية •

وتجمع معظم التفسيرات على أن الأسباب تنحصر
فى أسلوب الأمان الذى اتبعه مصممو هذه المحطة
النوية •

وهذا الأسلوب لم يختبر قبل تشغيل المحطة ، ولا بد
أن تكون به ثغرة أدت الى ما حدث ، وذلك بالرغم من
أن الفحص النظرى الدقيق لهذا الأسلوب قد بين أنه
الأسلوب الأمثل لتأمين محطة الطاقة النووية •

البحث عن مفاعل نووى آمن

كارثة تشيرنوبيل :

فى صباح يوم ٢٦ ابريل من عام ١٩٨٦ ، شهد سكان مدينة تشيرنوبيل ، فى ولاية أوكرانيا السوفيتية ، أسوأ ما يمكن أن يحلم به المهندس النووى : مفاعل نووى ، يحرم قلبه الساخن ، الذى يحتوى على اليورانيوم ، من ماء التبريد ، ويطلق المفاعل فى البيئة المحيطة ، مواد مشعة ، ذات خطر كبير .

ولكن فى الوقت الذى تمكن فيه الفنيون من التحكم فى هذا المفاعل ، علم الناس أنه قد مات ٢٦ شخصا ، فى تلك المنطقة ، بسبب الاشعاع النووى ، وأصبحت تشيرنوبيل اسما مرادفا للكوارث .

وقد لا يعرف العدد الكلى لأولئك الذين تأثروا بذلك الحادث ، بما فى ذلك أولئك الذين قد يصابون بالسرطان ، نتيجة لتعرضهم للاشعاع .

مفاعل لا يتأثر بالحوادث :

ان ما حدث فى تشيرنوبيل ، مثله فى ذلك مثل ما سبق ان حدث فى (ثرى مايل ايلاند) ، فى الولايات المتحدة ، قبل ذلك بعدة أعوام ، قد ركز الاهتمام على أهمية سلامة المفاعلات النووية ، التى تستخدم فى توليد القوى الكهربائية -

وبالرغم من أنه لم يكن هناك إطلاق كبير للإشعاع ، فى حادث (ثرى مايل آيلاند) ، ولم يقتل احد أو يصب ، فى ذلك الحادث ، فقد ردد الناس نفس السؤال :

هل يمكن للمهندسين تصميم مفاعل لا يتأثر بالحوادث (Accident-Proof) ، ويمكنه ان يحسب نفسه من فشل الوظائف الميكانيكية ، والأخطاء البشرية ؟
احتياجات الأمان :

لقد تم بحث هذا الموضوع ، فى مقال نشر فى مجلة **Scientific American** كتبه (ريتشارد لستر) ، أستاذ الهندسة النووية ، فى معهد مساشوستس للتكنولوجيا - وقد كتب هذا المقال قبل حادث تشيرنوبيل -

وفى هذا المقال ، ذكر هذا الأستاذ أن ازدياد الاهتمام بأمان المفاعلات النووية ، يهدد باستمرار ، استخدام المفاعلات النووية ، فى توليد القوى الكهربائية -

« فى السنوات الأخيرة ، ارتفعت ، الى درجة كبيرة ، تكاليف انشاء المفاعلات النووية ، بحيث عجزت بعض المحطات النووية الحديثة ، عن توليد الكهرباء بأسعار منافسة ، بالرغم من أن معظم المحطات النووية الحالية ، تعمل بطريقة اقتصادية » .

« ويأتى جانب كبير من النفقات ، من جانب احتياجات الأمان التى تفرض على هذه المحطات النووية » .

« وفى السنوات الأخيرة ، زادت تكاليف هذه المحطات النووية ، بسبب زيادة التعقيدات فى احتياجات الأمان هذه » .

تفاعل متسلسل :

وفى المفاعلات النووية التجارية ، تشع ذرات اليورانيوم ، باستمرار ، جسيمات تسمى نيوترونات ، تضرب ذرات اليورانيوم المجاورة ، وينتج عن ذلك أن تعطى هذه الذرات ، نيوترونات ، هى الأخرى .

ويؤدى هذا التفاعل المتسلسل الى اطلاق حرارة ، تمتص فى الماء ، الذى يغطى وقود اليورانيوم .

يوجد هذا الماء تحت ضغط مرتفع للغاية ، ويدور من خلال مبادل حرارى ، يدور فيه ماء طازج ، يأتى من خارج المفاعل ، فيسخن الماء ، ويغلى ، ويتحول الى بخار ، يدير تربينا ، يولد القوة الكهربائية .

واذا حدث ، عند أية نقطة ، أن خرج ماء التبريد من هذا النظام ، فإن درجة حرارة الوقود قد ترتفع الى مستويات تهدد بالخطر .

واذا لم يمكن ايقاف التفاعل المتسلسل ، فإن الوقود المنصهر قد يكون كتلة منصهرة مشعة ، تحرق سبيلها الى باطن الأرض ، فتلوّث موارد المياه الجوفية .

نظم أمان معقدة :

وقد جاء فى مقال الأستاذ (لستر) ، أنه ، فى مثل هذه الأحوال ، يجب على نظم الأمان فى المفاعل ، أن تقوم بواجبين : اغلاق المفاعل تماما ، وايقاف التفاعل المتسلسل تماما ، والتأكد من أن الحرارة التى تولدها نواتج الانشطار النووى ، تزال ، بحيث لا يصبح وقود المفاعل ساخنا الى درجة زائدة .

واذا أصبح الوقود كذلك ، فإن نواتج الانشطار النووى قد تهرب من المفاعل ، وتدخل الى البيئة المحيطة به .

وفى المفاعلات النووية الحالية ، نجد أن هذين الواجبين يجرى تنفيذهما عن طريق نظم أمان معقدة ، تحتاج ، فى كثير من الأحوال ، الى تدخل أولئك القائمين بتشغيل المفاعل ، لبدء تشغيل نظم الأمان .

ومن المعروف أنه قد تفشل أحيانا طلبات منفردة ،
أو صمامات ، وغير ذلك من المعدات ، فى المحطات
النوية .

وعلى ذلك ، فان تصميم المفاعلات النووية الحالية ،
يعمل على معادلة امكانية حدوث ذلك الفشل ، عن
طريق اعداد نظم مساعدة ، من انواع متعددة ، لتعمل
فى حالة فشل النظام الأول ، فى العمل بالطريقة
المطلوبة .

وبإضافة هذه النظم المساعدة ، تزداد تكاليف
هذه المفاعلات النووية .

جزء لا يتجزأ من التصميم :

ان النظم الاضافية الميكانيكية المتعددة ، غالية
الثلثن بالطبع .

ويرى الأستاذ (لستر) أنه من الممكن تصميم
مفاعلات نووية آمنة ، بدون أن يؤدى ذلك الى افلاس
المؤسسات التى تقوم بتوزيع القوى الكهربائية .

والطريق الى ذلك هو جعل الأمان جزءا لا يتجزأ
من التصميم ، وليس شيئا يضاف فيما بعد .

وفى حالة حدوث حادث ، فان قوانين الفيزياء
البسيطة ، تجعل المفاعل يوقف نفسه بنفسه ، بدون
تدخل بشرى أو ميكانيكى .

تجربة مثيرة :

وبالرغم من أن هذا قد يبدو أمرا بعيد المنال ،
فانه ليس كذلك .

ففى يوم ٣ ابريل ، وقبل حادث تشيرنوبيل بثلاثة
أسابيع ، وفى مكان بعيد للاختبارات ، فى ولاية ايداهو
الأمريكية ، قام الفنيون الأمريكيون بعمل لم يسبق أن
حلم به أحد من القائمين بتشغيل المفاعلات النووية .
لقد قاموا بتشغيل مفاعل نووى تجريبى (٢٠
ميغاوات) الى قوته الكاملة ، ثم أوقفوا سريان السائل
المبرد ، الى قلب ذلك المفاعل ، الذى يتكون من
اليورانيوم .

وفى مثل هذه الظروف ، وفى أى مفاعل نووى
عادى ، نجد ان قلب المفاعل ترتفع درجة حرارته كثيرا ،
وينصهر الوقود النووى ، مؤديا الى كارثة ، تشبه تلك
التي حدثت فى تشيرنوبيل .

ولكن ذلك لم يحدث فى ولاية ايداهو .

الصوديوم السائل :

وبدلا من ذلك ، أوقف المفاعل النووى نفسه ،
بدون معونة من الفنيين .

لماذا ؟ وكيف كان ذلك ؟

ان أحد الأسباب هو أن قلب المفاعل كان مغمورا فى
بحيرة ، من الصوديوم السائل ، عمقها عشرة أمتار .

ان (تشارلز تيل) رئيس برنامج تطوير المفاعلات النووية ، فى معمل ارجون الوطنى ، بجوار شيكاغو ، يفسر ذلك الأمر بأنه بخلاف الماء الذى يبرد المفاعلات التقليدية ، فان الصوديوم السائل لا يغلى ولا يتبخر بسرعة وسهولة .

وعند درجات حرارة تشغيل المفاعلات النووية ، زهى حوالى ٥٠٠ درجة مئوية ، نجد ان الصوديوم السائل يبقى كما هو سائلا ، فهو لا يغلى الا عندما تصل درجة الحرارة الى حوالى ٩٠٠ درجة مئوية .

ولذلك ، فانه عند حدوث أى حادث ، مثل توقف المضخات التى تدفع السائل المبرد الى داخل قلب المفاعل ، فان خاصية *Thermoinertia* الصوديوم السائل ، كافية لتبريد قلب المفاعل ، لفترة زمنية معينة .

وهذه الخاصية ، هى السبب الأول فى اختيار الصوديوم السائل لهذا الغرض .
مزايها متفوقة :

ان مفاعل ايدهو ، الذى يبرد بالصوديوم السائل ، ما هو الا جهاز تجريبي ، يجرى استخدامه ، لاختبار المبادئ التى يمكن استخدامها فى جيل جديد من المفاعلات النووية ، المستخدمة فى توليد القوى الكهربائية .

والتصميم الجديد سوف يطلق عليه اسم IFR

وهي الحروف الأولى من (أى المفاعل السريع التكاملى) ، سوف يكون مبردا بالصوديوم السائل .

وبالإضافة الى مقدرته على امتصاص كميات كبيرة من الحرارة ، فى حالات الطوارئ ، فان له مزايا أخرى ، تفوق ما للماء من مزايا .

ويشرح ذلك (تشارلز تيل) بقوله : « اذا استخدم الماء الخفيف للتبريد ، للوصول الى درجات حرارة تكفى لتوليد الكهرباء بكفاءة ، فانه يجب ابقاء الماء ، تحت ضغط مرتفع ، لمنعه من الغليان » .

وهذا هو نظام الضغط العالى ، الذى يحتاج الى اناء سميك الجدران ، ليتحمل الضغط .

وفى حالة المفاعل السريع التكاملى (IFR) ، الذى يستخدم الصوديوم السائل ، نجد أن الصوديوم السائل يعمل جيدا عند درجات حرارة تشغيل المفاعل ، التى تقل عن درجة غليان الصوديوم » .

« وهذا يعنى أنه يمكن تشغيل جزء المفاعل ، من النظام كله ، تحت ضغط جوى » .

نواتج التآكل :

وبما أنه ليست هناك حاجة الى أوان سميكة الجدران ، لتتحمل الضغط العالى للماء المسخن الى درجة

حرارة عالية ، فان استخدام الصوديوم السائل ، يؤدي الى تصميم للمفاعلات ، أبسط وأصغر .

كما أن الصوديوم السائل ، أقل اتلافا لنظام المفاعلات ، من الماء ، ذلك أن الصوديوم السائل غير متلف للفلزات الأخرى ، الى درجة كبيرة ، وخاصة الصلب الذى لا يصدأ .

وعندما تصنع المفاعلات من هذا النوع من الصلب ، فانه فى حالة استخدام المساء فى التبريد ، وحيث أن الماء متلف للفلزات ، فانه كثيرا ما تتكون نواتج تآكل مشعة ، كانت فى داخل نظام المفاعل ، فى أول الأمر ، ثم حملها تيار الماء ، فيما بعد ، حول جميع أجزاء نظام المفاعل .

وتترسب نواتج التآكل المشعة ، فى أجزاء النظام ، مثل المضخات ، وغيرها .

وعلى ذلك ، فان عمال الصيانة ، يجب عليهم أن يعملوا ، فى كثير من الأحيان ، فى وجود مجالات اشعاعية عالية .

ولكن هذه المشكلة تختفى ، فى حالة استخدام الصوديوم السائل .

عامل أمان آخر :

والعيب الرئيسى لاستخدام الصوديوم السائل فى

عملية التبريد ، هو أن الصوديوم يتفاعل مع بخار الماء ، الذى يوجد فى الجو .

ولمنع تلوث المبرد بالماء ، يحفظ الصوديوم السائل ، تحت طبقة تغطية من غاز الأرجون ، وهو مادة خاملة ، لا تتفاعل .

ويلاحظ أن التبريد بالصوديوم السائل ، ليس هو الأمر الوحيد المقترح ، لرفع درجة الأمان . ذلك أن الوقود ، فى المفاعل السريع التكاملى ، له تركيب خاص .

وبخلاف وقود أكسيد اليورانيوم السيراميكى . الذى يستخدم فى المفاعلات التقليدية ، فإن المفاعل السريع التكاملى سوف يستخدم وقود فلزاليورانيوم .

وهذا أمر هام ، لأن الفلزات ، بخلاف المواد السيراميكية ، تتمدد عندما تسخن . وهذا يدفع الذرات بعيدا عن بعضها البعض .

حينئذ ، يكون على النيوترونات أن تسير مسافة أطول ، لتحفظ للتفاعل المتسلسل استمراره . فيبطيء تيار النيوترونات ، الذى يؤدى الى توليد الحرارة ، الى أن يتوقف فى النهاية ، بدون تدخل بشرى .

وهذا هو ما حدث أثناء الاختبار ، فى مفاعل ايداهو التجريبي .

تفسير ما حدث :

ويصف (تشارلز تيل) ما حدث فى هذه التجربة المثيرة .

« مفاعل يعمل بكامل قوته ، ثم تعطل نظم الامان ، وتصدر الأوامر الى العاملين بألا يعملوا شيئاً . وتوقف جميع المضخات » .

« حينئذ نتوقع نتيجة مذهلة » .

« الا أن ما حدث ، هو أن درجة حرارة السائل المبرد ، الخارج من قلب المفاعل ، ارتفعت لفترة قصيرة ، وبعد دقائق قليلة ، عادت الى حالتها الطبيعية » .

« وانخفضت قوة المفاعل الى الصفر . ويصل المفاعل الى حالة الثبات ، خلال دقائق قليلة ، عند درجة الحرارة العادية ، وقوة الصفر » .

« ويبقى المفاعل كذلك ، وذلك بدون أى تدخل من العاملين هناك ، على الاطلاق » .

« وبمجرد أن ترتفع درجة حرارة السائل المبرد ، تنخفض درجة حرارة الوقود ، وتنخفض القوة بسرعة ، الى الصفر » .

« وهذه الخاصية لا يتميز بها الا الوقود الفلزي . والسبب فى هذا نعرفه من تجاربنا العادية : اذ أن

الفلزات توصل الحرارة جيدا ، فيما نجد أن المواد السيراميكية لا توصل الحرارة » .

« وهذا التوصيل الجيد للحرارة هو الذى يجعل القوة تنخفض بسرعة الى الصفر » .

مشكلة رئيسية :

ومن المشاكل الرئيسية التى تتعلق بالقوى النووية ، مشكلة التعامل مع مخلفات المفاعلات النووية ، وكيفية التخلص منها .

وهذه المخلفات نواتج طبيعية لانشطار ذرات اليورانيوم ، وبعضها يبقى مشعاً ، الى درجة كبيرة ، لفترات طويلة للغاية .

مثال ذلك أن البلوتونيوم ٢٣٩ له فترة عمر نصف ، تبلغ أكثر من ٢٤ ألف عام ، وهذه هي الفترة التى يتحلل فيها نصف عدد الذرات المشعة ، فى عينة من هذه المادة ، الى نظائر ، أو عناصر أبسط .

ومعظم نواتج الانشطار الأخرى ، لها فترات عمر نصف ، أقصر كثيراً ، يصل بعضها الى أيام قليلة .

المفاعل المولد :

ان المفاعل السريع التكاملى ، الذى يخططون له ، ومفاعل الأبحاث فى ايداهو ، هما من نوع المفاعل

المولد . أى أن هذين المفاعلين ينتجان البلوتونيوم بكميات كافية ، يمكن استخدامها كوقود نووى ، فى نفس النظام الذى تنتج فيه .

ويرى نقاد المفاعل المولد ، أن انتاج هذه المادة ، ذات الاشعاعية العالية ، كجزء من دورة الوقود فى المفاعل ، انما هو خطر كامن .

المفاعل السريع التكاملى :

أما الدكتور (تشارلز تيل) ، الذى يعمل فى معمل أرجون القومى ، فانه ينظر الى الموضوع نظرة أخرى .

« فى تصميم مفاعل IFR الذى نعمل فيه الآن، نجد أنه ينتج البلوتونيوم ، الذى يستخدم كوقود نووى ، فى نفس المفاعل . وهو بذلك يمد المفاعل بامدادات من الوقود لا تنفذ » .

« واذا قارنا ذلك بالمفاعلات التجارية الموجودة حالياً ، مثل مفاعلات الماء ، نجد أن النظائر التى تنشط ، والتى توجد فى وقود هذه المفاعلات ، يبلغ مقدارها حوالى ثلاثة فى المائة » .

« وفى هذه المفاعلات ، نبدأ باليورانيوم ٢٣٥ كمادة قابلة للانشطار ، وليس بالبلوتونيوم » .

« ومع تقدم الاشعاع ، ومع عمل المفاعل لأيام

وسنوات ، يتكون البلوتونيوم بكميات كبيرة (حوالى ٥٠٠ رطل فى العام) ، ويحرق جزء من البلوتونيوم . ويبقى الباقي كمكون للمخلفات » .

« ويهدف تصميم المفاعل السريع التكاملى (IFR) الى انتاج البلوتونيوم ، واستخدامه ، كوقود نووى فى نفس المفاعل ، وفصل المكونات طويلة العمر من النواتج » .

عشرون فى المائة :

ويقول الدكتور (ريتشارد لستر) ، الأستاذ فى معهد مساشوستس للتكنولوجيا ، أنه يوجد حالياً ، فى الولايات المتحدة ، مائة محطة قوى نووية ، تنتج حوالى ١٥ فى المائة من انتاج الكهرباء ، فى هذه البلاد .

وهناك حوالى ٢٠ أو ٣٠ محطة أخرى ، فى مراحل مختلفة من بنائها .

وعندما يتم بناء هذه المحطات ، فى حوالى عام ١٩٩١ ، فان الولايات المتحدة ، سوف تستمد عشرين فى المائة من انتاجها من الكهرباء ، من محطات قوى نووية .

الا أنه يلاحظ أنه لم تصدر أوامر بإنشاء محطات قوى نووية جديدة ، منذ عام ١٩٧٨ .

وهذا يعنى أنه ، بعد اتمام انشاء المحطات التى
يجرى العمل حاليا فيها ، فانه لن تكون هناك محطات
قوى نووية ، فى مرحلة الانشاء ، لفترة طويلة .

انواع جديدة من المفاعلات النووية :

ويقول الدكتور (تشارلز تيل) ، الذى يعمل فى
معمل أرجون القومى ، ان الحوادث التى حدثت فى
تشيرنوبيل ، وفى (ترى مايل ايلاند) تشير الى الحاجة
الى انشاء أنواع جديدة من المفاعلات .

ان القوى النووية ، ما هى الا ضحية لنجاحه ،
لان ما حدث ، هو أن الجيل الأول من المفاعلات النووية ،
قد استخدم على نطاق تجارى .

وهذه تكنولوجيا يمكن تحسينها وتطويرها ،
لدرجة كبيرة ، تماما مثل تكنولوجيا محرك الاحتراق
الداخلى ، وغيرها من التكنولوجيات .

ويسدو أننا لا ندرك هذا تماما . فانكثرون
يربطون القوى النووية ، بالجيل الحالى من المفاعلات .
اذ أنهم يظنون أنها تكنولوجيات استاتيكية . ولكننا
ليست كذلك .

وليس هناك سبب ، على الاطلاق ، لتجميد القوى
النووية فى صورتها الحالية . فهناك صور أخرى ،
فى أسلوب الأمان الذى اتبعه مصممو هذه المحطة
أفضل كثيرا ، ومن الممكن الوصول اليها .

الايديروجين : وفود الغد

وقود ممتاز :

يعرف الايديروجين ، منذ زمن طويل ، بأنه وقود ممتاز : ذلك أنه يمكن تخزينه بسهولة ، ونقله الى حيث يستهلك ، كمصدر للقوى فى المنازل ، وفى الطائرات. وفى غيرها من المركبات .

ان الغاز الطبيعى الذى كان يستخدم فى الولايات المتحدة ، فى أوائل القرن العشرين ، والذى كان يعرف باسم « غاز الفحم » ، لأنه كان يستخلص من الفحم ، كان نصفه من الايديروجين .

ويحتوى كل وزن من الأيديروجين ، على ضعف ما يحتويه نفس الوزن من وقود السيارات من الطاقة ، بدون أية ملوثات .

ويستخدم الأيديروجين ، فى يومنا هذا ، فى الحالة السائلة ، مع الأوكسجين ، كوقود لصواريخ الفضاء .
وان السحب المشهورة التى نراها تغلف الصواريخ عند انطلاقها ، لا تسبب تلوث الهواء بالمعنى الذى

اصطلح عليه العلماء • ذلك أن هذه السحب ليست
الا بخار ماء - وهى الناتج الوحيد الذى ينتج عن
احتراق الايدروجين •

اقترح مينل :

فى عام ١٩٧٠ ، تمكن عالمان من جامعة أريزونا ،
من جذب الانتباه ، عندما قدما اقتراحا طموحا ، يهدف
الى تحويل أكثر من خمسة آلاف ميل مربع من الصحراء
الجنوبية الغربية ، فى الولايات المتحدة ، الى ما أطلقا
عليه اسم « مزرعة القوى الشمسية الوطنية » ، تلك
المزرعة التى ينتظر أن يكون فى امكانها مد الولايات
المتحدة باحتياجاتها من الكهرباء ، فى القرن الحادى
والعشرين •

هذان العالمان هما الدكتور (أدن مينل) ، مدير
مركز العلوم البصرية فى جامعة أريزونا ، وزوجته ،
التي تعمل فلكية فى نفس الجامعة •

لقد كرس هذان العالمان جهودهما ، طوال عدة
سنوات ، لدراسة إمكانية استخدام الطاقة الشمسية ،
لتوليد القوة ، على نطاق كبير •

مزرعة القوى الشمسية :

ولقد لخص هذان العالمان ، النتائج التى توصلا

اليها ، وخطتهما لتوليد القوة ، في كتابهما « القوة للنامن » .

أن مشروع « مزرعة القوى الشمسية الوطنية » ، الذى اقترحه هذان العالمان ، يعتمد على مبدأ تركيز الطاقة الشمسية ، باستخدام المرايا ، لتسخين مائع ، يوصل الحرارة اللازمة لتوليد البخار ، اللازم لتشغيل مولد كهربى ، من النوع التقليدى ، ذى التربين .

وباستثناء استخدام هذه المحطة للطاقة الشمسية ، كمصدر للحرارة ، فإن محطة القوى هذه لا تختلف عن محطات القوى التقليدية ، التى تعمل بالوقود الحفرى .

تحليل الماء الى عنصريه :

لقد رفض هذان العالمان فكرة انتاج الأيدروجين ، كوسيلة ل تخزين الوقود ، فى محطاتهم الشمسية المقترحة ، وذلك لأن هذا يحتاج الى مرحلتين لتحويل الطاقة :

تتلخص المرحلة الأولى فى انتاج القوى الكهربائية ، فى المحطة الشمسية ، بكفاءة تبلغ حوالى ثلاثين فى المائة .

وفى المرحلة الثانية ، تستخدم هذه الكهرباء فى تحليل الماء الى عنصرية : الأيدروجين والأكسجين .

وهناك أجهزة متوافرة ، على نطاق تجارى ،

تستخدم الكهرباء لتحليل الماء الى أيدروجين وأوكسجين ،
بكفاءة تصل الى سبعين فى المائة .

ثم يطلق الأوكسجين فى الهواء ، ويخزن
الأيدروجين ، ليستخدم فى وقت لاحق ، كوقود مباشر .

ويرى هذان العالمان أن إعادة تحويل وقود كيميائى
(الأيدروجين) عن طريق احراقه ، ليس أمرا جذابا ،
لأنه يتضمن خفضا فى الكفاءة الديناميكية الحرارية ،
ويقلل الكفاءة الكلية ، بمقدار ستين فى المائة .

ولو أنه كانت هناك خلايا وقود ، رخيصة الثمن ،
وطويلة العمر ، تقوم بأكسدة الأيدروجين ، وإنتاج
الأيدروجين ، وإنتاج الكهرباء ، لأمكن تقليل تأثير هذه
المشكلة الى حد كبير .

ولكن خلايا الوقود هذه لم تتوافر بعد .

مشروع هليوس - بوسيدون :

الا أن عددا من العلماء الأمريكيين ، قد اقترحوا
أفكارا لاستخدام الطاقة الشمسية ، بعد تركيزها ، عن
طريق استخدام مجمعات شمسية ، لإنتاج الحرارة
والكهرباء ، ليستخدمها بدورها فى إنتاج الأيدروجين .

ذلك أن مهندسا استشاريا من ميتشيجان ، هو
المهندس (وليام آش) اقترح خطة طموحة ، لعمل شبكة
واسعة من المجمعات الشمسية ، المجهزة بمرايا ، لتركيز

الأشعة ، لانتاج البخار اللازم لتوليد الكهرباء ، ثم انتاج وقود الأيدروجين ، عن طريق تحليل الماء كهربيا ، على أن يجهز المصنع بوحدة لتقطير المياه ، باستخدام الطاقة الشمسية ، لانتاج الماء المقطر ، اللازم لتغذية وحدات تحليل المياه .

لقد أطلق على محطة (اشر) للقوى الشمسية والأيدروجين ، اسم (هليوس - بوسيدون) ، الهى الشمس والبحر ، عند القدماء ، واقترح بناؤها على قواعد عائمة ، فى المحيط الهادى .

تطفو على سطح الماء :

ان هذه الفكرة التى أزاح الستار عنها الدكتور (اشر) ، فى اجتماع للجمعية الكيميائية الأمريكية ، عقد فى عام ١٩٧٢ ، تتضمن استخدام مجمعات شمسية ذات مرايا ، تشبه تلك التى بناها رائد الطاقة الشمسية ، الدكتور (تشارلز أبوت) ، فى الثلاثينات ، وتلك التى شيدها الدكتور (هارى تابور) فى الخمسينات .

ومن المقترح أن تشغل محطة (هليوس - بوسيدون) مساحة مربعة من المحيط ، يبلغ طول ضلعها حوالى ٣ر٤ ميلا .

تطفو على سطح الماء ثمان وأربعون وحدة ، تحتوى كل منها على مجمعات شمسية ، وأجهزة لتحليل

لماء كهربيا، وخزانات تحت الماء ، لتخزين وقود
لأيدروجين .

وتتصل خزانات الأيدروجين ببعضها البعض ، عن
طريق أنابيب ، لتغذية محطة الضخ الرئيسية . وهناك
يبرد الأيدروجين الغازي الى درجة حرارة منخفضة
للفاية (- ٤٢٣ درجة فهرنهايت) ، يتحول عندها
الأيدروجين الى سائل ، تنقله الناقلات الى البلاد التي
تطلب شراءه .

دراسات الجدوى للمشروع :

ويعتقد المهندس (اشر) . أن اقتصاديات وقود
الأيدروجين ، في الولايات المتحدة على الأقل ، سوف
تتبع اقتصاديات الغاز الطبيعي الحالية ، التي تواجه
الفناء ، ما لم يمكن تنمية مصادر - جديدة لهذا الغاز .

وهو يرى أن تكنولوجيا نقل الغاز المسال ، عند
درجة حرارة - ٢٦٠ درجة فهرنهايت ، عبر المحيطات ،
في ناقلات خاصة ، قد أكدت الجدوى التكنولوجية لهذا
النظام المقترح .

ذلك أن كل ما يلزم لنقل الأيدروجين السائل
المبرد ، انما هو تعديل للتكنولوجيا المستخدمة حاليا .

تكاليف كبيرة :

ان مشروع (هليوس - بوسيدون) يتكلف حوالى

١٥٠ بليون دولار ، وينتج ٦٧٠ طناً من الأيدروجين
المسال ، و ٥٢٦٠ طناً من الأوكسجين المسال ، كل يوم .
وانتاج القوى لهذا النظام ، يعادل انتاج محطة
للقوى ، قدرتها مليون كيلوات .

ويلاحظ المهندس (أشر) فى مشروعه الابتدائى ،
الذى قدمه فى عام ١٩٧٢ ، أن تكاليف هذا المشروع ،
يمكن مقارنتها بتكاليف مشروع (مينل) .

وبالرغم من انعدام تكاليف الوقود والأرض ، فى
مشروع (هليوس - بوسيدون) ، فإن هذا يمكن
ترجمته الى تكاليف طاقة ، تبلغ خمسة أضعاف التكاليف
التقليدية .

عائد مجز :

وعند تقييم هذا النظام ، فإنه يجب أن نأخذ فى
الاعتبار ، عدداً من تكاليف الطاقة . ذلك أنه من المنتظر
أن يكون هناك فاقد فى الطاقة ، فى المراحل المختلفة :

عند تجميع الطاقة الشمسية ، بواسطة المرايا
البارابولية ، وعند تحويل الطاقة الشمسية الى بخار ،
فى المراحل ، وفى عملية التحليل الكهربى للماء ، وفى
عملية تحويل الوقود (الأيدروجين) ، ونقله عند درجة
حرارة منخفضة .

وبالرغم من هذا للفاقد ، والانخفاض الناتج عنه

فى الكفاءة الكلية للمصنع ، فان المهندس (اشر) يرى
ان هذا المصنع الذى يتكلف ١٥ رايونا من الدولارات ،
سوف ينتج ما تقدر قيمته باثنين وستين مليوناً من
الدولارات ، فى كل عام ، من وقود الأيدروجين ،
الأمر الذى يبرر تكاليف المشروع .

مشروع جامعة هيوستن :

وهناك مشروع آخر ، وضعه عدد من الفيزيائيين ،
والمعماريين ، والمهندسين ، العاملين فى جامعة هيوستن .

ويهدف هذا المشروع الى تطبيق فكرة المركبات
الشمسية ، على نظم تخزين طاقة الأيدروجين .

وتتلخص فكرة المشروع فى اقامة صفوف من
العدسات ، أو المرايا ، التى تجمع أشعة الشمس ،
تحيط بمرجل هائل ، موضوع فوق برج يبلغ ارتفاعه
ألفاً وخمسمائة قدم (أعلى من أعلى ناطحة سحاب فى
السولايات المتحدة ، بما فى ذلك برج (سيرز) فى
شيكاغو ، الذى يبلغ ارتفاعه ١٤٥٤ قدماً) .

هذا المرجل يمكن أن يكون جزءاً من نظام تقليدى ،
مكون من ترين بخارى ، ومولد ، أو قد يكون جزءاً من
نظام مولد ايرو ديناميكى مغناطيسى متقدم .

تسخن أشعة الشمس هذا المرجل ، فيتولد البخار
الذى يمدنا بالحرارة اللازمة لتوليد الكهرباء ، التى

تستخدم في أجهزة التحليل الكهربى ، لتوليد
الأيديروجين .

تقليل فاقد الطاقة :

ومن أكبر مؤيدى هذا المشروع ، قسم الفيزياء فى
جامعة هيوستن ، وهناك عالمان كبيران ، هما الدكتور
(هيلدبرانت) ، رئيس قسم الفيزياء فى جامعة
هيوستن ، والدكتور (هاس) ، وهو فيزيائى له خبرة
كبيرة فى برنامج الطاقة الانتاجية ، التابع لادارة
الطاقة الذرية الأمريكية ، والذي يهتم بتطوير
الايديروديناميكا المغناطيسية ، لاستخدامها فى هذا
المشروع الشمسى .

وفى الملخص الذى أعده هذان العالمان لهذا
المشروع، نجدهما يلاحظان أن مفتاح التطوير الناجح،
لأى مشروع كبير ، لتحويل الطاقة الشمسية ، هو تقليل
الفاقد من الطاقة ، فى جميع المراحل ، الى أدنى حد
ممكن .

كفاءة عالية :

ان الايديروديناميكا المغناطيسية ماهى الا تكنولوجيا
متقدمة ، تولد الكهرباء بطريقة مباشرة ، عن طريق
امرار الغاز المتأينة ، فى مجال مغناطيسى .

وكفاءة هذه الطريقة تفوق كفاءة الطرق التقليدية
لتوليد الكهرباء ، عن طريق التربين البخارى .
ويلاحظ أن الايدروديناميكا المغناطيسية يمكنها
أن تستخلص خمسين فى المائة ، أو أكثر ، من القهوة
الكهربية ، من الفاز المسخن عن طريق الرجل
الشمسى .

بينما نجد أن أفضل محطات القوى الكهربائية
التقليدية ، لا تحول الا أربعين فى المائة ، على الأكثر ،
من محتوى الطاقة فى الوقود ، الى كهرباء .
يضاف الى ذلك أن المولد الايدروديناميكي ليس به
أجزاء متحركة ، ويمكن تصغيره الى حجم يقل عن حجم
نظام التربين البخارى التقليدى .

ولما كانت معدات توليد الكهرباء ، ومعدات تحليل
الماء الى عنصريه : الأوكسجين والأيدروجين ، يجب أن
توضع على قمة برج يبلغ ارتفاعه ١٥٠٠ قدم ، فإن
وزن المعدات ، وحجمها ، لهما أولويات هامة .

ثلاثون فى المائة :

وبالإضافة الى هذا البرج الضخم ، فإن هذا المشروع
يحتاج الى مساحة كبيرة من الأرض ، كما تحتاج المحطة
الواحدة الى مائتين وخمسين ألف مرآة وعدسة ، تغطى
مساحة مقدارها ميل مربع .

ويتراوح انتاج المحطة من الكهرباء بين أربعين ألف كيلووات في فصل الشتاء ، وثمانين ألف كيلووات في فصل الصيف ، عندما تسطع الشمس وقتا أطول ، كل يوم .

ويعتقد الدكتور (هيلدبراندت) والدكتور (هاس) أن الكفاءة الكلية لهذه المحطة ، في تحويل حرارة الشمس الى كهرباء ، تبلغ حوالي ثلاثين في المائة ، مع حساب فاقد الحرارة في المجمعات الشمسية ، والمرجل ، والنظام الأيدرو ديناميكي المغناطيسي .

هذا ، بينما تبلغ الكفاءة الكلية ، للنظام الكهربى الشمسى ، الذى يولد الأيدروجين ويخزنه ، أقل من عشرين في المائة .

تكاليف المحطة :

لقد استوحى هذا المشروع بعض الأفكار من الفرن الشمسى الذى شيده الدكتور (فيليكس ترومب) ، فى جبال البرانس الفرنسية ، فى الخمسينات والستينات .

وقد صرح الدكتور (هاس) بأن هذا المشروع الجديد ، يفرض امكانية بناء نظام المرايا ، بتكاليف تبلغ عشر التكاليف التى تكلفها نظام الدكتور (ترومب) ، وهى دولاران للقدم المربع . وهذا يعنى ٢.٥ مليوناً مع الدولارات ، لهذا النظام ، الذى يبلغ قطره ميلاً .

أما التكاليف الأخرى فتشمل ١٥ مليوناً من الدولارات للبرج ، وأربعين مليون دولار لاستهلاك المعدات ، توزع على ثلاثين عاماً .
وبهذا تتكلف المحطة ثمانين مليون دولار .

ويلاحظ أن هذا لا يشمل المولد الأيدرو ديناميكي المغناطيسي ، ونظام توليد الأيدروجين بالتحليل الكهربائي ، ثم تخزينه .

طاقة منافسة :

ويمتقد الدكتور (هاس) أن تكاليف القوى المولدة عن طريق هذا النظام ، محسوبة على أساس متوسط جميع تكاليف معدات المحطة ، وبفرض أن عمر المحطة ثلاثون عاماً ، هي حوالي ٦ ميل (MILS) لكل كيلو وات ساعة من الكهرباء .

الآن أنه إذا استخدمت الكهرباء لإنتاج الأيدروجين ، فإنه يجب إضافة تكلفة إضافية ، تضاعف قيمة التكاليف .

ويبدو أن اقتصاديات هذا النظام للفرن الشمسي غير المعادي ، تتناسب مع التقديرات الاقتصادية لغيرها من المحطات الحرارية الشمسية ، ومحطات القوى الكهربائية الشمسية .

ومن هذا الملخص للتكاليف ، يستخلص الدكتور

(هاس) ، والدكتور (هيلديراندت) أن الطاقة الشمسية سوف تصبح منافسة لتكاليف إنتاج الطاقة التقليدية ، في المستقبل القريب .

وذلك لأن التكنولوجيا اللازمة ، مفهومة الى حد كبير ، وكاف ، بحيث تسمح بتطوير تحويل الطاقة الشمسية ، على نطاق كبير .

مشروع ثالث :

أما العالم الفيزيائي (نورمان فورد) ، والعالم الفيزيائي (جوزيف كين) ، اللذان يعملان في جامعة مساشوستس ، فانهما قد اقترحا فكرة لها علاقة بهذا المشروع الثاني ، ولكنها تختلف عنه . وكان ذلك في عام ١٩٧١ .

ويهدف هذا المشروع الى استخدام مرايا ، وعدسات شمسية ، لتركيز أشعة الشمس على مرجل ، للوصول الى درجات حرارة عالية ، بما يكفي لتحويل الماء حراريا ، الى أيديروجين وأوكسجين ، ثم يطلق الأوكسجين في الهواء ، ويخزن الأيديروجين كوقود .

وللوصول الى درجات الحرارة اللازمة ، اقترح هذان العالمان اقامة مجموعات كبيرة من عدسات فريزتل الرخيصة الثمن ، المصنوعة من اللدائن .

ولتشغيل محطة للقوى تنتج مليون كيلووات من الكهرباء ، في أثناء ساعات سطوع الشمس ، وجد أنه

يلزم استخدام عدسات فريزنل ، تبلغ مساحاتها ميلين مربعين ، مرتبة على المحور الممتد من الشرق الى الغرب ، الذى هو عامل مشترك فى محطات القوى الشمسية .

وفوق برج فى مركز هذه المجموعة ، يوضع الرجل عند بؤرة العدسات ، لينتج درجة حرارة مرتفعة (تبلغ ١٥٠٠ درجة مئوية) .

وعند درجة الحرارة هذه ، يتحلل بعض بخار الماء تحللا حراريا .

وعند مرحلة الاتزان ، يتحلل حوالى ٠.٧ ر. فى المائة ، من البخار ، الى أيدروجين وأوكسجين .

اقتصاديات المشروع :

وقد اقترح هذان العالمان ، أن تكون محطة القوى المقترحة ، عاملا هاما فى انتاج أيدروجين رخيص ، يمكن تسويقه ، حتى يصبح الأيدروجين وقودا رئيسيا ، فى الولايات المتحدة .

ويرتكز المشروع على أساس من تقديرات لتكاليف محطة القوى ، التى قدرها بثلثة وثلثين دولارا لكل متر مربع ، (يذهب جزء كبير منه الى الرجل والعدسات ، ويقدر بمشرة دولارات لكل منهما) .

واذا بيع الأيدروجين بنفس أثمان وقود السيارات - أى أن محتوى طاقة مكافئ ، يباع بسعر مكافئ -

فلن وقود الأيدروجين الذى يجمع فى هذه المحطة .
يساوى عشرة دولارات فى العام ، لكل متر مربع من
مساحة المحطة .

وبفرض عائد على الاستثمارات يقدر بعشرة
فى المائة فى العام ، فان هذا يعنى أنه من المعقول
اتفاق مبلغ يتراوح بين ثلاثين ، وتسعين دولارا ، لكل
متر مربع .

وهذا يمكن مقارنته بالتقديرات السابقة .
الا وهى ٢٣ دولارا لكل متر مربع .

تقديرات التكاليف :

ان احدى المعضلات الرئيسية التى تواجه القائمين
على اقامة محطة قوى شمسية كبيرة ، لتوليد الكهرباء .
اولا لتاج الأيدروجين ، انما هى رأس المال الهائل ،
اللازم لذلك .

ذلك أن التكاليف المبدئية ، تعادل تلك التى تلزم
لشراء محطة قوى تقليدية ، تعمل بالوقود الحفرى ،
أو محطة قوى نووية ، واحتياجات تلك المحطة من
الوقود ، طوال عمر تشغيلها .

وهناك دراسة أعدتها شركة ايروسبيس
Aerospace Corporation عن محطات القوى الحرارية
تشير الى أن تضاعفا بنسبة ثمانية فى المائة فى العام ،

سوف يزداد كثيرا من تكاليف مشروع شمسي ، ذي رام مال كبير .

لقد حسب القائمون بهذه الدراسة جميع التكاليف المعروفة ، اعتمادا على الاقتصاديات والتكنولوجيا الحالية ، لبناء محطة القوى هذه . ووصلوا الى أن الكهرباء الشمسية ، سوف تكلف ٨ر٤ سنت ، لكل كيلو وات - ساعة ، وذلك في عام ١٩٩١ .

كهرباء أكثر أمانا :

ان جهود البحث والتطوير المتزايدة ، من جانب الحكومات والشركات الصناعية ، يجب أن تخصص لموضوع الطاقة الحرارية الشمسية ، التي تمهد السبيل الى كهرباء أكثر وفرة ، وكهرباء أكثر أمانا ، من تلك التي نحصل عليها من المصادر التقليدية .

وجدير بالذكر أنه في عام ١٩٧٣ ، اقترحت لجنة من هيئة بحوث الفضاء الأمريكية ، ومن مؤسسة العلوم القومية الأمريكية ، انفاق ١١٣ بليون دولار ، لتطوير وبناء محطات قوى حرارية شمسية ، على سطح الأرض .

ولم يكن هذا الا كسرا من الميزانية التي اقترحتها هيئة الطاقة الذرية الأمريكية ، لعدة أنواع من محطات القوى النووية .

• ويلاحظ أن هذه الميزانية الكبيرة لا تشمل بلايين الدولارات ، التي أدت الى ميلاد هذه التكنولوجيا المهمة .

• وقد نجاء في مقال نشرته مجلة العلم الأمريكية ، أن تقديرات شركة ايروسبيس ، لتكاليف محطات القوى الخزازية الشمسية ، قد جعلت تكاليف الكهرباء الشمسية ، في عام ١٩٩١ ، أقرب الى المنافسة الاقتصادية ، مع الكهرباء النووية .

ويلاحظ أن تقديرات التكاليف هذه ، لا تدخل في الاعتبار ، انخفاض التكاليف الناتج عن انتاج المكونات الشمسية ، على نطاق كبير ، ولا التكاليف البيئية (التي تكاد تساوي صفرا) لمحطات القوى الشمسية .

الايديروجين : وقود المستقبل

تحليل الماء الى عنصريه :

ان البحث عن مصادر بديلة للطاقة ليس أمرا جديدا . فمنذ مائة عام ، ظهرت قصة « الجزيرة الغامضة » ، من تأليف (جولز فيرن) ، الذى كتب عن الفحم : « لولا الفحم ما كانت هناك آلات . ولولا الآلات ، ما كانت هناك سكك حديدية ، ولا سفن بخارية ، ولا صناعات ، ولا تلك الأشياء ، التى لا غنى عنها للحضارة الحديثة » -

لقد وجد (فيرن) الحل فى الماء ليس الماء القراح ، ولكنه يحلل الى عنصريه الأولين يحلل بالكهرباء بدون شك . . . سوف يستخدم الماء فى يوم من الايام كوقود » .

« ان الأيديروجين والأكسجين ، اللذين يكونان ، الماء ، سوف يمدان البشر بمصدر لا ينفد من الحرارة والضوء القويين ، يفوقان فى قوتهما ما يمكن أن يقدمه لنا الفحم » .

كذلك نجد أن (جون وودكامبل) ، محرر مجلة القصص العلمي المثير ، منذ عام ١٦٣٨ الى عام ١٦٧١ . نشر في عام ١٩٥٠ قصة عنوانها « القمر جحيم » . ناقش فيها ، ببعض التفصيل ، استخدام الأيدروجين كوقود .

لقد كان (كامبل) يفكر في استخراج الأيدروجين والأكسجين من الماء ، عن طريق تحليله كهربيا ، وذلك باستخدام الطاقة التي تجمعها الخلايا الكهربائية الضوئية .

لقد كانت الدورة تتلخص في حرق الأيدروجين في الأكسجين ، ليلا ، للتدفئة بالحرارة الناتجة ، ثم جمع الماء المتكون ، لتحليله كهربيا ، مرة ثانية ، في اليوم التالي .

وقود مثالي :

ومن عدة نواح ، نجد أن الأيدروجين وقود مثالي -
الا أنه ليس وقودا طبيعيا أو واضحا .

ويمكن انتاج الأيدروجين ، بكميات كبيرة ، من الفحم أو الزيت ، أو من الطاقة الكهربائية ، أو من الغاز الطبيعي .

والأهم من ذلك ، أنه يمكن انتاجه عن طريق تحليل الماء ، باستخدام الطاقة الكهربائية ، وهذه الطاقة

قد تأتي من مفاعل نووى ، أو من خلية كهربية ضوئية ،
أو من طريق آخر .

ولعل أكبر ميزة لوقود الأيدروجين تتركز فى
تأثيره على البيئة : عندما يحترق الايدروجين ، فإن
ناتج الاحتراق الوحيد هو الماء . ولا تكون ملوثات ،
مثل أول أكسيد الكربون ، أو ثانى أكسيد الكربون ،
أو ثانى أكسيد الكبريت ، أو الايدروكربونات ، أو
الأجسام الصغيرة ، أو المؤكسدات الكيميائية الضوئية ،
وغیرها . تلك الملوثات التى تنتج عند حرق الوقود
الحفري التقليدى .

الا أن كمية صغيرة من أكسيد النيتريك ، تتكون،
وذلك بسبب الهواء الذى يدخل الى شعله الأيدروجين،
ولكن ذلك يمكن التحكم فيه ، اليوم ، باستخدام
التكنولوجيا الحديثة .

اقتصاد طاقة من نوع جديد :

واذا تساءل البعض عن امكانية استخدام هذا
الوقود ، على المدى الطويل ، فاننا نطمئنهم بأننا
نتحدث عن مواد تتوفر بكميات غير محدودة ، ألا وهى
الماء والهواء .

لقد حققنا ، فى الواقع، حلم الكيميائيين القدماء ،
حين صنعنا شيئاً من الهواء والنار والماء ، والنار ، فى
حالتنا هذه ، هى ضوء الشمس .

ويحق لنا أن نتوقع أن نرى ، فى المستقبل ،
اقتصاد طاقة من نوع جديد : فيه يصنع الأيدروجين
من الماء والطاقة الكهربائية ، ثم يخزن الأيدروجين الى
حين الحاجة اليه .

ثم يحرق الأيدروجين ، كوقود ، لينتج الكهرباء ،
والحرارة ، والطاقة الميكانيكية .

والأيدروجين أحد العناصر التى تدخل فى صناعة
الأسمدة ، وكيماويات أخرى عديدة - وعلى ذلك ،
فانه يبدو لنا وقودا مثاليا .

ويستخدم الأيدروجين ، اليوم ، كمصدر للطاقة،
بطرق متعددة .

واذا تساءل البعض عن السبب فى عدم استعماله
على نطاق واسع ، جاء الرد على صورة مزيج مألوف ،
من الاقتصاديات ، والتكنولوجيا ، والأمان .

كارثة منطاد :

لابد أنك قد سمعت عن كارثة الهنديبورج ، وهو
منطاد يستمد القوة التى ترفعه فى الهواء ، من غاز
الأيدروجين .

ولكن الأيدروجين قابل للاشتعال ، بدليل أنه
يستخدم كوقود .

وقد حدث أنه بينما كان منطاد الهندنبورج يهبط فوق (ليك هيرست) فى ولاية نيسوجرسى ، فى عام ١٩٣٧ ، أن انفجر الأيدروجين . وكان من نتيجة ذلك أن مات ثلث الركاب ، وكان عددهم يبلغ قرابة المائة .
الا أن الأسوأ من ذلك ، والأكثر مدعاة للرعب ، هو أن الهندنبورج لم يكن الا واحدا من ثلاثة وسبعين منطادا انفجرت او احترقت .

أكثر أمانا :

الا أن الأيدروجين أكثر أمانا من أنواع الوقود المألوفة لدينا .

ولما كان الأيدروجين خفيفا ، فإن ما يتسرب منه ، يتصاعد بسرعة فى الهواء . فينحصر بذلك خطر الانفجارات فى الفراغ الذى يملو مباشرة نقطة التسرب .

يقارن ذلك بوقود السيارات المسكوب ، الذى ينتشر على الأرض ، فيهدد بالخطر مرتفع ، وبالرغم من أن الطاقة التى تستخدم لاسالته ، تبلغ حوالى ثلث ما يحتويه الأيدروجين من الطاقة ، وبالرغم من المشاكل الرئيسية التى تتعلق بتخزين الوقود .

ففى الطائرة ، تبدأ عملية حرق الوقود بعد شحن الطائرة مباشرة . كما أن الكثير من الوقود يستخدم

أثناء الطيران ، كما أن الطائرة تكون قريبة من مخازن
التموين بالوقود ، كلما هبطت على الأرض .

ونتيجة لذلك ، فإن الأيدروجين (أو أى وقود
آخر) ، لن يخزن فى خزانات الطائرة فترة طويلة ،
بحيث لن تحتاج هذه الخزانات الى مواصفات خاصة
دقيقة ، كما قد يتبادر الى الذهن .

سيارة وقودها الأيدروجين :

وحتى بالنسبة للسيارات ، فقد أمكن تعديل
السيارة ، بحيث تعمل بالجازولين ، أو الأيدروجين
المسال .

لقد قامت منظمة ألمانية لأبحاث الفضاء ، بالاشتراك
مع جامعة شتوتجارت ، ومعامل لوس ألاموس العلمية ،
ببيان أنه من الممكن تطوير خزان وقود مناسب لهذا
الغرض ، ومعدات ملئه بالوقود .

وقد عرضت السيارات الأولى من هذا النوع فى
معرض هانوفر .

وبينما نجد أن هذه السيارات لا تمتاز بأية
مميزات ، فإنها تبين أن ما للأيدروجين من نسبة طاقة
الى وزن ، مرتفعة ، يمكن أن يعادل ما لهذه السيارات
من عيوب كثيرة .

أوتوبيس يعمل بالأيديروجين :

ويقوم (روجر بللينجز) بتطوير تطبيقات أخرى ،
فى شركة (بللينجز) للطاقة ، فى مدينة بروفو ، فى
ولاية يوتاه الأمريكية .

لقد كان (بللينجز) يقوم ببناء مركبات تعمل
بوقود الأيديروجين ، منذ كان فى المدرسة الثانوية .

وتشمل أحدث المحاولات التى تقوم بها هذه
الشركة ، عشرة أوتوبيسات دودج معدلة ، تحرق
الأيديروجين عند السرعات المنخفضة ، والجازولين عند
السرعات المرتفعة .

ويعتقد (بللينجز) أن السيارات التى من هذا
النوع ، يمكن أن توفر الملايين من براميل الزيت ،
كل يوم .

ان مركبات (بللينجز) التى لا تعمل بالأيديروجين
السائل ، ولكن الأيديروجين الغازى ، الذى ينطلق من
مركبات كيميائية ، تسمى بالأيديديات ، قد أصبحت
جزءا من نظام الأوتوبيسات ، فى مدينة بروفو .

التسخين بالأيديروجين :

لقد بنى (بللينجز) بيتا يتكون من ٢٥ غرفة ،
فيه يحرق الأيديروجين فى أجهزة التسخين ، وفى

الأفران ، وفى أجهزة التدفئة • نسبة أكبر من المنطقة التى تحيط بالمكان الذى انسكب فيه •

أضف الى ذلك أن الاحتراق غير الكامل ، لأنواع الوقود الحفري ، يؤدى الى تولد غازات سامة •

يقارن هذا بما يحدث عندما يحترق الأيدروجين •
فالماء الذى يتكون غير ضار ، كما أن الأيدروجين نفسه غير سام •

وكلنا نذكر غاز الاستصباح الذى كان يصنع من الفحم ، ويستخدم فى المنازل ، قبل أن ينتشر استخدام الكهرباء • لقد كان هذا الغاز نصفه من الأيدروجين •
وقد تعلم الناس كيف يتعايشون مع أخطار الحريق ، وانفجار الأيدروجين •

أضف الى ذلك أن الأمان عملية تعليمية ، تنمو مع كل تكنولوجيا جديدة •

لقد صمم العلماء المعدات ، وطوروا الطرق التى تمكننا من ملء خزان السيارة بالوقود ، ثم حمل قنبلة النار هذه ، بسرعة كبيرة ، فى الطرق المزدحمة •

وإذا كان الحال كذلك ، فانه سوف يكون فى الامكان تصميم طرق آمنة ، للتعامل مع الأيدروجين •

طاقة ضئيلة تكفى :

ولعل أخطر خواص الأيدروجين ، هى تلك الكمية

الضئيلة من الطاقة ، التي تلزم لاشعاعه ، ذلك أن
الأيديروجين يحتاج الى عشر الطاقة التي تلزم لاشعاع
مزيج من وقود السيارات والهواء ، أو الميثان والهواء .

ويقتررب مستوى الطاقة هذا من مستوى طاقة
الشرارات الكهربائية الاستاتيكية ، التي هي سبب محتمل
لكارثة الهندنبورج ، التي حدثت بعد جو عاصف .

كما أن كميات ضخمة من الأيديروجين ، تستخدم
اليوم فى الصناعة ، بأمان تام ، ويبدون حوادث .

وقود لكل الأغراض :

واليوم نجد أمام الأيديروجين فرصة لاستخدامه
وقودا لكل الأغراض .

وحتى هذه اللحظة ، نجده قد استخدم فى مشروع
أبوللو ، لانزال آدميين على سطح القمر ، وفى اطلاق
مكوك الفضاء .

أما على الأرض ، فإن استخداماته قد نشهدها فى
المستقبل القريب .

ان شركة لوكهيد تخطط لتحويل أسطول من
نفاثاتها من طراز ترائى - ستارل - ١١١ ، لتستخدم
وقود الأيديروجين السائل .

ويعتقد مهندسو الطائرات أن الأيديروجين السائل
وقود مثالى ، بالرغم من أنه يجب أن يخزن عند درجة

اسالته - (٢٥٣ درجة مئوية) ، أو تحتها ، أو تحت ضغط -

وكان على بللينجز وزوجته أن يتعلما الطبخ ، من البداية ، مرة أخرى - ذلك لأن شعلات الأيدروجين تحترق عند درجات حرارة تختلف عن شعلات الغاز الطبيعي ، يضاف الى ذلك أن الجو في أفران الأيدروجين أكثر رطوبة -

وبتوجيهات من (بللينجز) ، سوف يجرى عرض دراسي لامكانات النظم التي تعمل بطاقة الأيدروجين ، وذلك في مدينة فورست ، بولاية أيوا -

هذه المدينة الصغيرة التي يبلغ عدد سكانها ٤٠٠٠ نسمة ، كان من المخطط لها أن تتحول الى طاقة الأيدروجين - وسوف ينقل اليها الفحم من مدينة تبعد حوالي ١٥٠ كيلومترا ، ليستخدم في صناعة الأيدروجين -

وقد أجريت أبحاث كافية ، لبيان أن المساكن الخاصة ، والمصانع ، يمكن أن يستخدم للتسخين فيها غاز الأيدروجين ، الذي ينقل في شبكة الأنابيب المستخدمة حاليا في نقل الغاز الطبيعي -

وهذا يسمح باستخدام شبكة خطوط الغاز الممتدة تحت الأرض ، كما هي ، بدون تعديل -

توليد الأيدروجين :

ولكن من أين يأتي الأيدروجين ؟

ينتج الأيدروجين حاليا ، بكميات كبيرة من الغاز الطبيعي ، وخاصة من غاز الميثان ، الذي هو احد مكونات الغاز الطبيعي .

يتكون جزئ الميثان من ذرة كربون ، مرتبطة بأربع ذرات ايدروجين ، يتم فصلها عن طريق عملية كيميائية .

كما يمكن انتاج الأيدروجين ، عن طريق تفاعل الفحم مع الماء ، أو بالتحليل الكهربى للماء .

وإذا أمكن توليد الكهرباء ، كان من السهل انتاج الأيدروجين ، بالتحليل الكهربى للماء .

وليس من الصعب تصور استخدام الأيدروجين ، فى تلك المناطق من العالم ، التى تتوفر فيها الكهرباء ، المولدة من مساقط المياه ، مثل كندا .

ان جانبا كبيرا من مساقط المياه ، هناك ، لم تستغل بعد ، لأنها تقع فى أماكن بعيدة ، بحيث يصبح نقل الكهرباء من هناك ، الى المناطق الآهلة بالسكان ، أمرا مكلفا ، ومنخفض الكفاءة .

ولكن ، لو أن الأيدروجين ، كان مصدرا لطاقة يمكن استخدامها ، لأمكن تطوير موقع توليد الطاقة

الكهربية المائية ، لانتاج كميات كبيرة من الأيدروجين .
يمكن توصيلها عن طريق الانابيب ، الى حيث يحتاج
اليها الناس .

طرق حديثة :

كذلك ، قد تصبح المخلفات ، والخشب ، والورق ،
مصدرا من مصادر الأيدروجين .

فقد اكتشف عالم يعمل فى قسم العلوم البيولوجية ،
بالمجلس القومى للبحوث الهندى ، خليه بدخيرية ،
يمكنها تحويل السليولوز ، بكفاءة ، الى أيدروجين ،
ونواتج أخرى .

وفى تقرير أصدره معمل أوك ريدج القومى ،
جاء أن الأيدروجين يمكن انتاجه من نظام غير حى ، على
أساس عملية التمثيل الضوئى ، التى تقوم بها النباتات
الخضراء .

وتستخدم لهذا الغرض ، كلوروبلاستات السبانخ ،
ومواد بيولوجية أخرى ، تتميز بالقدرة على الانتشار
الذاتى .

ومن بين باحثين كثيرين ، نجد أن بعض الباحثين
فى معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا ، يحاولون استغلال
مركبات كيميائية ، تولد الأيدروجين ، عندما تتعرض
للأشعة فوق البنفسجية .

هذه المركبات ، قد تصبح يوما ، الأساس للخلايا
الضوئية ، التى سوف تستخدم فى المستقبل .

الا أن كثيرا من الخطط الطموحة ، قد تم بحثها
على نطاق معملى .

ويحتاج الأمر الى عمل كثير ، والى جهد متواصل ،
حتى تصبح هذه الطرق عملية .

ما هى المشكلة ؟

اذا كنا نعلم كيف نستخدم الأيدروجين ، وكيف
نتجه ، فما هى المشكلة ؟ ان المشكلة مشكلة تكاليف .

ان كل الطرق التى تستخدم اليوم لانتاج
الأيدروجين ، واستخدامه ، أكثر تكلفة من انواع الوقود
البديلة .

الا أننا نتجاهل هنا حقيقة هامة ، ألا وهى أننا
لا نعرف تماما التكلفة النهائية للطاقة المفيدة ، التى
توصل الى من يستخدمها .

ومن المهم ، بوجه خاص ، عند حساب التكاليف ،
أن نأخذ فى الاعتبار ، تلك المشاكل البيئية والاجتماعية
المتزايدة ، التى سوف نقابلها ، بلا شك ، فى عمليات
حفر المناجم ، واستخلاص الفحم واستخدامه ، على
نطاق واسع .

يضاف الى ذلك مشكلة تراكم ثانى اكسيد الكربون

فى الجو ، عند احراق أنواع الوقود الحفرية
التقليدية •

ولعدة أسباب ، نجد أنه من الممكن ، ألا يمكن
انتاج أنواع الوقود التى تحتوى على كربون •

وفى اقتصاد يعانى من نقص فى الكربون ، سوف
يبدأ الكثيرون فى تفضيل الأيدروجين على الكهرباء ،
فى استخدامات كثيرة •

مستقبل باهر :

وعلى المدى القصير ، فإننا قد نشهد بعض
الاستخدامات ، على نطاق صغير ، للأيدروجين المود عن
طريق القوى المائية •

يحتمل أن يحدث هذا فى شمال شرق الولايات
المتحدة الأمريكية ، حيث ترتفع أسعار الوقود ، وحيث
توجد بالفعل عدة خزانات مائية صغيرة •

وهذا أصلح مكان لاستخدام أساطيل من الأتوبيسات،
تعمل بالأيدروجين المنتج من الفحم •

وفى المستقبل القريب ، قد نشهد مؤسسة قومية
أمريكية ، تعمل بالأيدروجين المنتج من الفحم ، والطاقة
التي تأتى من المصادر الشمسية •

ان المستقبل سوف يكون باهرا بالنسبة للأيدروجين •

واليوم نجد أن لدينا معظم التكنولوجيا اللازمة
للبدء فى استخدام الأيدروجين كوقود ، الا أنه ليس
لدينا العزم أو التصميم على الاستغناء عن وجبة
الزيت •

ولكن ، يوم يزداد سعر الطاقة الناتجة من أنواع
الوقود المحفري ، الى ثلاثة أضعاف ، حينئذ سوف
يصبح الأيدروجين وقود المستقبل •

ان انتاج أنظف أنواع الوقود ، وخزنة ، ونقله ،
واستخداماته ، أصبحت من الأمور الواضحة •

ومنذ سنوات ، توقعت وزارة الطاقة الأمريكية ،
ان يبدأ فى عام ٢٠٢٠ ، التحول الى نظام للطاقة ،
أساسه الأيدروجين •

الا أن الزيادة السريعة ، غير المتوقعة ، فى أسعار
الوقود ، جعلت بعض المسؤولين يغيرون رأيهم : ان
التقديرات الحديثة تقترب بهذا التاريخ من عام ٢٠٠٠ •

لماذا نحتاج الى وقود سائل ؟

البتروول مصدر مثالى للطاقة ، فهو سائل مرتفع
الكثافة نسبيا • وهو متوفر ، ويسهل نقله من مكان
الى مكان •

وهو يحتاج ، عادة ، الى بعض الجهد ، قبل أن
يتدفق من الأرض • حينذاك ، يمكن ضخه فى خطوط

الأنابيب ، أو نقله فى الناقلات ، لمسافة تبلغ آلاف الأميال ، ويتم ذلك بطريقة رخيصة ونظيفة .

ويتميز البترول كوقود ذى كثافة طاقة عالية ، أى أن وحدة وزن من البترول تعطى من الحرارة ، عند احراقها ، ما يزيد عما نحصل عليه من احراق وزن مساو من الفحم أو الخشب .

أضف الى ذلك أن البترول وقود نظيف نسبيا ، خاصة اذا ما قورن بالفحم .

لقد كانت نظافة البترول هى أحد الأسباب التى جعلت عددا كبيرا من شركات توليد الكهرباء الأمريكية ، تتحول الى احراق زيت الوقود ، أو الغاز الطبيعى ، بدلا من الفحم .

ان الشوائب المختلطة بالفحم ، يمكن ازالتها بالطبع ، ولكن ، جميع عمليات ازالة الشوائب ، تحتاج الى معاملات اضافية ، وتستهلك طاقة اضافية . يضاف الى ذلك أن عمليات ازالة الشوائب لها نتائج ضارة بالبيئة .

ولكن اذا قورن البترول بالطاقة الشمسية ، ونظافتها ، فانه لا يبدو لنا بنفس الصورة .

وقود نظيف واقتصادى :

ان استبدال البترول ، الذى أخذ يتناقص تدريجيا ،

يعنى أكثر كثيرا من مجرد البحث عن شيء آخر لتدفئة المنارل ، وتوليد الكهرباء •

وبدلا من مقايضة مجموعة من مشاكل المستقبل (نقص البترول) ، بمجموعة أخرى ، يخشى ان نذكر ان انواع الوقود التى سوف نحتاج اليها ، يجب الا تقل فى نضادها عن الجازولين ، أو زيت الوقود •

وحتى يمكننا الاستمرار فى التمتع بوسائل الراحة المتاحة ، مثل الطائرات والسيارات ، فان احد انواع وقود المستقبل ، يجب أن يكون سائلا سهل التخزين . يمتاز بطاقة عالية •

واذا واصلنا استخدام كميات هائلة من الكهرباء . فأننا سوف نحتاج الى طرق أفضل لخزنها ونقلها •

يمكن استخدام الأيدروجين ، فى بعض الصور ، لمد السيارات والطائرات بالطاقة المحركة ، ويمكن تخزينه فى تكوينات ملحية ، ويمكن نقله من مكان توليده ، الى مكان استخدامه ، بواسطة نفس النوع من خطوط الأنابيب التى نستخدمها اليوم لنقل الغاز الطبيعى •

وتبين بعض التقديرات الأولية ، أن تكاليف نقل الأيدروجين ، على نطاق واسع ، سوف تزيد عن تكاليف نقل الغاز الطبيعى ، بمقدار خمسين فى المائة . وذلك بسبب الاختلافات فى أقطار الأنابيب ، ومستوى الضغط ، والمسافة بين محطات إعادة الضخ •

الا أن الأيدروجين مازال أكثر اقتصادا في نقله لمسافات طويلة ، من الكهرباء أو الحرارة .

كم سندفع ثمننا لوقود المستقبل السائل ؟

في عام ١٩٨٠ ، كانت الطاقة المتولدة من الأيدروجين المنتج بالتحليل الكهربى ، تكلف مرة ونصف مرة ما تكلفه كمية مكافئة من الجازولين .

ان الأيدروجين المولد بالتحليل الكهربى ، والذي يلزم لانتاج (جول) من الطاقة ، يكلف ما بين احدى عشر ، واتنى عشر دولارا .

بينما نجد أن كمية من الجازولين، يبلغ ثمنها ثمانية دولارات ، تعطى نفس الكمية من الحرارة ، عند احراقها (والمعروف أن الجول = ٩٥ ر - مليون وحدة حرارية بريطانية) .

هذا ، وينتظر أن يرتفع سعر البترول ارتفاعا كبيرا ، كلما شحت موارده .

ويقدر بعض الخبراء ، أن ثمن الجالون من الجازولين سوف يبلغ عشرة دولارات ، بحلول عام ٢٠٠٠ .

يومئذ ، قد تستخدم الطاقة الشمسية ، أو طاقة

المفاعلات النووية الآمنة ، فى توليد الأيدروجين ، ذى
السعر المنافس ، بالتحليل الكهربى للماء •

ولا شك فى أن الأيدروجين سوف يكون من المصادر
الرئيسية للطاقة ، يوم ينتهى عصر وقود البترول •

البحث عن بدائل الطاقة

الطاقة والتقدم :

فى أثناء دراسته لمادة التاريخ ، فى المدرسة الثانويه ، لاحظ الطالب الامريكى (اريك فاربر) ان الأمم والحضارات ، التى كانت تحظى باكبر كميته من الطاقة ، وكانت تستخدم كميات كبيرة منها ، قد تقدمت بسرعة أكبر .

فبدأ هذا الطالب يهتم بدراسة الطاقة الشمسية ، وتحويل الطاقة .

وعندما بحث عن مصادر هذه الطاقة ، وجد ان معظمها كان يأتى من الفحم أو الزيت أو الغاز .

ففكر فيما يمكن عمله لتوفير كميات أكبر من الطاقة . نظر حوله ، فوجد مصدرا كبيرا للطاقة ، كبيرا دائما بما فيه الكفاية ، ألا وهو الطاقة الشمسية .

و اليوم ، نجد أن الطالب (اريك فاربر) قد حصل على درجة الدكتوراه ، وأصبح أستاذا ، ومديرا لمعمل

الطاقة الشمسية وتحويل الطاقة ، فى جامعة فلوريدا ،
فى مدينة جينزفيل .

حرب البترول :

لقد مر ما يقرب من عشرين عاما على حرب
البترول ، التى شنتها الدول العربية المصدرة للبترول .
وكان هذا الحدث نقطة تحول فى التاريخ الاقتصادى
والتكنولوجى لدول العالم .

فقد أدى الى أول زيادة كبيرة من عدة زيادات
متتالية فى أسعار البترول . وكان من نتيجة ذلك ان
ارتفع متوسط سعر البترول حوالى احدى عشرة مرة ،
فى خلال عشرة أعوام .

وقد أدى ذلك الى تغيير التوقعات ، بالنسبة لأولئك
الذين اعتبروا البترول أساسا لارتفاع عالمى فى مستوى
المعيشة .

ولم يكن فى الامكان ، بعد ذلك ، مد آلة التطوير،
بالوقود الرخيص .

تمكنت من التأقلم :

لقد ارتفعت أسعار البترول ارتفاعا كبيرا ،
وبصورة مفاجئة .

وقد أدى ذلك الى ظهور مصاعب اقتصادية فى
الدول الصناعية •

الا أن تلك الدول تمكنت من التأقلم على هذه
الظروف الجديدة • فقد أعادت تصميم القطاعات
السكنية والصناعية ، للمحافظة على الموارد الشحيحة •
وقد أدى ذلك الى تقليل الطلب على البترول ،
الأمر الذى كان له تأثير ملطف على حدة ارتفاع الأسعار •
أما دول العالم النامية ، فانه لم يكن لها مثل هذا
الحظ •

فقد ارتفعت أسعار البترول ، الا أن أسعار
المنتجات الزراعية الأساسية ظلت ثابتة ، بل انخفضت
فى بعض الأحوال •

ففى أوائل السبعينات ، كأن ثمن برميل الزيت
يعادل تقريبا ثمن أربعة عشر كيلو جراما من السكر •
وفى عام ١٩٨٣ ، أصبح ثمن هذا البرميل
نفسه، يعادل ثمن واحد وتسعين كيلوجراما من السكر •

الطاقة المتجددة :

ونتيجة لهذه الزيادة الكبيرة فى أسعار الزيت ،
بدأت مصادر الطاقة المتجددة اللا بترولية تصبح أكثر
جاذبية •

وبدا خبراء الطاقة في الدول النامية ، يخططون للاستفادة من طاقة الشمس ، وطاقة الرياح ، وطاقة المياه ، وطاقة المزارع بطرق أكثر كفاءة .

واستجابت الوكالات الخاصة والعامة ، في العالم الصناعي ، عن طريق تقديم المعلومات الفنية .

ان الدكتور (اريك فاربر) رئيس معمل الطاقة الشمسية وتحويل الطاقة ، في جامعة فلوريدا ، اخذ ينظم اجتماعات علمية ، في مجال ترويض مصادر الطاقة المتجددة ، في المناطق الريفية ، يحضرها خبراء من جميع بلاد العالم .

وقد أعد قائمة بالمعايير اللازمة لاختيار أفضل مصادر الطاقة :

أولا : امكان الوصول الى النتائج المطلوبة ، باستخدام أقل كمية ممكنة من الطاقة . وهذا ما يطلق عليه تعبير « الحفاظ على الطاقة » .

ثانيا : البحث عن أفضل مصدر للطاقة ، من ناحية توفره ، وامكانية تحويله ، ومن الناحية الاقتصادية ، والقبول الاجتماعي ، وغير ذلك .

ثالثا : مراعاة أنه يجب أن تكفل بالنجاح جميع الجهود المبذولة .

رابعا : يجب أن تنجز المشروعات بتكلفة معقولة .

خامسا : يجب أن يكون ذلك متناسبا للتركيب الاجتماعي

التكنولوجيا الكهربائية الضوئية :

تتوفر جميع هذه المتطلبات فى الطاقة الاشعاعية للشمس .

ومنذ عشرات السنين ، استخدمت عدة أنواع من السخانات الشمسية ، لتسخين المياه ، لاستخدامها فى الغسيل والاستحمام .

وهذه السخانات الشمسية ، يراها الناس اليوم تبعث من جديد ، فى كثير من البلاد .

الا أن هناك تكنولوجيا أخرى لاستئناس أشعة الشمس ينتظر أن يكون لها مستقبل اكبر ، الا وهى التكنولوجيا الكهربائية الضوئية .

تصنع الخلايا الكهربائية الضوئية (أو الشمسية) من عنصر السيليكون ، وهو المكون الأساسى للرمل ، وهى تحول ضوء الشمس الى كهرباء ، بطريقة مباشرة .

لقد كانت هذه الخلايا ، فى يوم من الأيام ، غالية الثمن الى درجة أن استخدامها كان قاصرا على الاستخدامات الخاصة ، مثل مد الأقمار الصناعية باحتياجاتها من الكهرباء .

وفى خلال الأعوام الماضية ، ظهرت طرق صناعية جديدة ، أدت الى خفض أسعار هذه الخلايا ، الى درجة كبيرة ، ذلك أن ثمنها اليوم أصبح يعادل حوالى أربعين فى المائة مما كان عليه منذ أعوام .

توليد الكهرباء في المناطق النائية :

يعمل السيد (كريستوفر فليمن) باحثاً في معهد المراقبة العالمية ، وهي منظمة في واشنطن ، تقوم بتحليل الاتجاهات الاقتصادية ، والاجتماعية ، والبيئية العالمية .

وفي دراسة بعنوان «حال العالم في عام ١٩٨٤» ، يتنبأ هذا الباحث بأن الخلايا الشمسية ، وهي إحدى تمار أبحاث الفضاء ، سوف تجد استعمالات حيرة في الدول النامية ، في السنوات القادمة .

ويحتمل أن يكون أكثر استعمال لها في المناطق الريفية ، في البلاد النامية ، بل وفي البلد المصدمة كذلك .

والسبب في ذلك أن أسعار الطاقة ، في تلك المناطق ، هي في العادة أعلى ، والبدايل المتاحة أقل .

وعندما زار هذا الباحث المناطق النائية من ألاسكا ، وجد أن سعر الكهرباء هناك يبلغ حوالى خمسين سنتاً لكل كيلو وات ساعة - يقارن ذلك بخمسة سنتات لكل كيلو وات ساعة في (أنكوريج) ، وهي مدينة كبيرة في ألاسكا .

والوضع في المناطق النائية من ألاسكا مشابه لما يمكن أن يكون عليه الحال في مناطق ريفية من قارة أفريقية ، أو آسيا ، أو أمريكا اللاتينية .

وعندما تكون الكهرباء مولدة بمولدات تعمل بالديزل ، فإن استخدام الخلايا الكهربائية الضوئية يكون أفضل من الناحية الاقتصادية .

استخدامات عديدة :

ويرى السيد (فليفن) أن الكهرباء المولدة عن طريق الطاقة الشمسية ، لها استخدامات عديدة في تلت القرى ، التى لا تخدمها محطات القوى المركزية .

فهناك المبردات التى يمكن أن تستخدم لتخزين الطعام الواقية من الامراض ، وغيرها من الأدوية والأغذية .

كما تستخدم الكهرباء الشمسية للإضاءة ، لفترات محدودة ليلا ، أو للقراءة ، أو لضخ المياه ، وطحن الحبوب ، واستعمالات أخرى محدودة نسبيا .

ان هذا المصدر من مصادر الطاقة مهم جدا فى تلك المناطق التى لا يخدمها مصدر آخر .

المبرد الشمسى :

لقد قامت هيئة أبحاث الفضاء الأمريكية (ناسا) بتطوير مبرد يعمل بالطاقة الكهربائية الضوئية ، باستخدام التكنولوجيا المكتسبة عن طريق تطوير الأقمار الصناعية ، التى تستمد القوة من الطاقة الشمسية .

ان هذا المبرد الشمسى قد ينقذ حياة الكثيرين ،
وخاصة فى القرى التى تفتقر الى الكهرباء .

ذلك أن كثيرا من الطعوم التى تستخدم للوقاية من
الأمراض ، تحتاج الى حفظها عند درجات حرارة
منخفضة ، حتى لا تفقد فعاليتها .

واليوم يجرى تحقيق ذلك فى كثير من المناطق .
عن طريق استخدام مبردات تعمل بالكروسين .
لذلك ، نشأت فكرة مد هذه المبردات بالكهرباء .
عن طريق استخدام نظام كهربى ضوئى .

وفى المناطق النائية ، يمكن استخدام الطاقة
الشمسية ، لمد هذه المبردات بالطاقة ، بحيث يمكن حفظ
هذه الطعوم عند درجة الحرارة المناسبة ، بحيث يمكن
للأطباء والمرضات الانتقال الى المنطقة ، وتطعيم
الناس بهذه الطعوم ، لوقايتهم من الأمراض .

ويبلغ حجم المبرد الشمسى حوالى متر مكعب واحد .
وهو متصل بمجموعة من الخلايا الشمسية ، التى تولد
حوالى ١٥٠٠ وات .

وهناك بطاريات تخزين ، يمكن اعادة شحنها ،
واستخدامها لتشغيل هذا المبرد ، عندما تختفى الشمس
وراء السحب ، أو بعد أن تغرب .

لقد وضع عدد من هذه المبردات الشمسية فى عدة
قرى ، فى أماكن مختلفة من العالم ، لاختبارها .

وفى خلال زمن وجيز ، أصبح المبرد الشمسى معدا للبيع ، على نطاق تجارى ، عن طريق المنتجين ، فى القطاع الخاص .

كهربة قرى بأسرها :

هذا ويجرى تطوير النظم الكهربائية الضوئية ، الى نظم لكهربة قرى بأسرها .

فقد قامت مؤسسة (ناسا) بالتعاون مع وكالة التطوير الدولية ، باقامة نظام كهربى ضوئى ، تبلغ قدرته ثمانية كيلووات ، فى جزر مارشال ، فى جنوب المحيط الهادى . وسوف يمد هذا النظام أربعين شخصا بالقوة الأساسية ، بما فى ذلك الاضاءة .

وفى الجابون ، فى غرب أفريقيا ، تم التخطيط لاقامة أربعة من نظم الطاقة الكهربائية الضوئية ، لأغراض الاضاءة ، والاتصالات اللاسلكية ، وضخ المياه .

كما تم التخطيط لاقامة نظام اكبر كثيرا ، فى تونس ، تبلغ قدرته ٣٠ كيلووات ، لمد السكان بخدمات مماثلة .

مشروعات أخرى :

لقد بين الدكتور (فاربر) أن أية تكنولوجيا ، مهما

كانت هامة ومفيدة ، لا قيمة لها ما لم تناسب الظروف المحلية .

ولكن لأن هذا يبدو ممكنا ، فانه أصبح الهدف لبرنامج يجرى بالتعارن بين هيئة AID ، والأكاديمية الأمريكية للعلوم : اذ تقدم الأكاديمية المعلومات الفنية ، عن المتروعات الشمسية المفيدة ، التى يمكن لعلماء الدول المختلفة تحويلها ، لتناسب احتياجاتهم الخاصة .

ففى تايلاند مثلا ، قدمت الأكاديمية بعض المساعدات ، لتطوير مجفف للمحاصيل الزراعية .

وهذا المجفف عبارة عن صندوق كبير ، منحدر السطح ، يسخن فيه الهواء ، الذى يمر بعد ذلك فى المحصول المراد تجفيفه . ويستخدم هذا الجهاز فى تايلاند لتجفيف الارز .

القبول على المستوى الشعبى :

ولعل الاختبار النهائى لأية تكنولوجيا ، هو القبول على المستوى الشعبى .

يرى الدكتور (اريك فاربر) أن الناس غالبا ما يرفضون الطرق الجديدة ، لأسباب لا علاقة لها بالتكنولوجيا .

ففى أفريقيا مثلا ، نجد أنه فى كثير من القرى ، يقوم الناس بطهى طعامهم عن طريق إشعال نار

مفتوحة ، يجلسون حولها للتدفئة ، ويبقونها مشتعلة
ليلا للانارة .

كما أن من عاداتهم الاجتماعية ، الجلوس ليلا حول
النار ، بعد انتهائهم من وجبة العشاء ، لشرب الشاي .
الذى يعدونه على تلك النار المشتعلة ، والتسامر
والحدث في امور حياتهم .

وفي كثير من الأحيان ، نجد أن الحكومات ، في بعض
الدول النامية ، بل وفي الدول الصناعية كذلك ، قد
وجدت أن ما يحتاج اليه هؤلاء الناس ، انما هو مواقد
ذات كفاءة عالية ، يستخدمونها في طهي الطعام ، وفي
التدفئة والانارة ، وذلك لتوفير الخشب ، الذي تشتد
الحاجة اليه في كثير من الأحيان .

إذا أمكن مد هؤلاء الناس بمواقد أكثر كفاءة ،
فانهم سوف يتمكنون من طهي طعامهم بكفاءة أكبر ،
كما أنهم سوف يتمكنون من توفير احتياجاتهم من
الحرارة والضوء ، وسد احتياجاتهم الاجتماعية .

وهو يرى أنه من الأفضل أن يتعلم هؤلاء الناس
كيفية زراعة أشجار الأخشاب ، بطرق أسرع وأحسن ،
بحيث يمكنهم تصدير تلك الأخشاب ، والحصول على
الأموال اللازمة لرفع مستوى معيشتهم ، وحل مشاكلهم .

انشرط الثانى :

وبالاضافة الى القبول على المستوى الشعبى ، فان
أية تكنولوجيا للطاقة المتجددة ، يجب أن تستوفى
الشرط الثانى ، الذى وضعه الدكتور (فاربر) ، وهو
امكان تطبيق تلك التكنولوجيا محليا .

مثال ذلك أن تربينات الرياح المصممة حديثا ،
تقوم بتوليد الكهرباء ، فى كثير من بلاد العالم .
ولكنه فى مناطق أخرى نجد أن متوسط الرياح قد
لا تكون كافية لتوليد الكهرباء بطريقة مستمرة وثابتة .

الا أن الأهم من ذلك ، هو أن تكلفة أية طاقة
بديلة مقترحة ، يجب أن تكون تكلفة معقولة ، ويرى
السيد (فليمن) أن هذا الشرط يمكن أن يستوفى
بسهولة متزايدة ، فى العديد من النظم الشمسية
الكهربية الجديدة .

فاذا قارنا نظاما كهربيا ضوئيا ، بنظام آخر يعمل
بالديزل ، فاننا نجد أن النظام الأول يكلف أكثر فى
اقامته . ولكن نظرا لطول عمر هذا النظام ، فاننا
سوف نجد ، فى النهاية ، أنه يتكلف أقل .

أما نظام الديزل ، فانه يحتاج الى مدء بالوقود ،
باستمرار ، لتشغيله ، ويبلغ ثمن هذا الوقود أكثر من
دولار للجالون .

صناعة جديدة :

الا أن اقامة نظم للطاقة البديلة ، وصيانتها .
يمكن أن يكون مصدرا لاعمال جديدة ، فى تلك المناطق
التي تعاني من مشكلة الزيادة فى الأيدى العاملة .
كما أنها يمكن أن تكون أساسا لقيام صناعة
جديدة .

ذلك أنه من المعقول بناء النظم الكهربيه الضوئية
محليا ، بدلا من استيرادها .

لذلك ينتظر أن تقوم كثير من الدول انامية ،
التي تجذبها هذه التكنولوجيا الجديدة ، بالاصرار على
أن تقوم الشركات التي تحصل منها على هذه التكنولوجي
الجديدة ، باقامة مصنع لهذه النظم البهريية الضوئية،
فى البلد الذى تجد فيه سوقا نامية لتلك النظم .

لذلك يتوقع الخبراء أن تنتشر مصانع لهذه
التكنولوجيا الجديدة ، وأن تستخدم هذه الخلايا
الشمسية على نطاق واسع .

ان أسعار الزيت المرتفعة ، التي يعاني منها
الكثيرون فى يومنا هذا ، تفرض على الدول النامية
تحديات جديدة .

كما أنها تقدم فرصة لبناء اقتصاد أكثر صلابة ،
وتجنب مخاطر الاعتماد الكامل على البترول .

الكهرباء من الشمس

انغلايا انكهرية الشمسية :

ان احتمالات الحصول على امدادات من الكهرباء ،
عن طريق الخلايا الكهرية الشمسية ، لاستخدامها على
الأرض ، مازالت غير متطورة •

لقد كانت معامل أبحاث « بل » هي أول من أنتج
الخلايا الشمسية الحديثة ، في الخمسينات ، ثم أنتجها
بكميات كبيرة للاستخدامات المخصصة •

وتوصل الخلايا الشمسية الصغيرة ، التي تبلغ
مساحتها ٢×٢ سم ، على هيئة ألواح تضم موزايكت
معقدة من الخلايا ، يمكنها أن تمدنا بآلاف الواطات ،
أو الكيلو واطات ، من القوة الكهرية •

ان أكثر المواد استخداما في صناعة هذه الخلايا
الشمسية هو عنصر السيليكون •

وهذا العنصر هو ثاني أكثر العناصر انتشارا على
الأرض •

ويوجد هذا العنصر في الشواطئ الرملية ، وفي الصحارى ، في كل مكان .

واليوم تستخدم الخلايا الشمسية لمد الأقمار الصناعية ، ومركبات الفضاء ، بحاجتها من الكهرباء .
ان أكثر من ٦٠٠ قمر صناعى أمريكى ، و ٤٠٠ قمر صناعى سوفيتى قد جهزت بالمعدات التى تمكنها من استخدام الطاقة الشمسية .

محطة الفضاء (سكاي لاب) :

وعندما علمت ادارة الفضاء والملاحة الجوية الأمريكية بفشل لوحين شملاقيين من الألواح الشمسية، عند اطلاق محطة الفضاء (سكاي لاب) ، فى شهر مايو من عام ١٩٧٣ ، تبين أن هذه الألواح الشمسية هى أهم عناصر القوة للمركبات الفضائية .

ولم تكن هذه الألواح الشمسية هى السبب فى هذا الفشل .

ففى خلال ٦٣ ثانية ، بعد اطلاق المحطة الفضائية، التى تكلفت ٢٩٤ مليوناً من الدولارات ، كان هناك درع للوقاية من الحرارة الحرجة ، صمم ليعزل داخل المركبة عن حرارة الشمس ، وليحمى معمل الفضاء (سكاي لاب) من ضربات الميتيورات الصغيرة .

لقد انفصل هذا الدرع ، عن المركبة ، بطريقة

لا يمكن تفسيرها • وأدى ذلك الى عدد من صور الفشل الأخرى ، التي تشمل فقد لوحين شمسيين ، صمما ليتمدا المحطة الفضائية بألف وتسعمائة واط من الكهرباء • ذلك أن هذين اللوحين لم يتمكننا من الانفصال عن جهاز التثبيت ، الذى يشبه آلة الأوكورديون الموسيقية ، والمثبت فى المحطة الفضائية •

ولكن أربعة ألواح شمسية أخرى لم تتأثر بهذا الحادث ، وانفتحت حسب الخطة الموضوعة •

لقد أمدت هذه الألواح الباقية ، محطة سكاي لاب ، بنسبة آلاف وسبعمائة واط من الكهرباء •

لقد جهزت محطة الفضاء سكاي لاب ، بأكبر ألواح شمسية أطلقت الى الفضاء •

ولو أن هذه الألواح جميعها عملت بنجاح ، لقامت أكثر من ٥٠٠ ألف خلية شمسية ، تغطى ٢٥٠٠ قدم مربع من مساحة الألواح ، بمد هذه المحطة الفضائية ، باحتياجاتها من الكهرباء •

الطاقة النووية :

وباستثناء خلايا الوقود ، فان مصدر الطاقة البديل الوحيد ، لمركبات الفضاء ، هو النظائر الاشعاعية . المشعة للحرارة ، والتي توضع فى عبوات صغيرة •

ان وحدات الطاقة النووية هذه ، تستخدم الحرارة

الناجمة عن التحلل الاشعاعى ، لتشغيل مولدات كهربية صغيرة •

وبعكس المفاعلات النووية ، التى تقام على الأرض،
والتى تجهز بوسائل الوقاية من آثار الحوادث اامينة،
فان هذه المصادر للطاقة النووية ، والتى تحملها
مركبات الفضاء ، لا تجهز بمثل هذه الاحتياطات .
ولا تعتمد الا على مقدرة الكبسولة نفسها ، على احتواء
المواد المشعة - بما فى ذلك البلوتونيوم ، وهو أخطر
السموم المعروفة •

وقد وقعت عدة حوادث ، فقدت فيها نظم الطاقة
النووية الفضائية ، عند العودة الى جو الأرض •

لقد حدثت حادثتان خطيرتان ، لمركبتى فضاء
أمريكيتين : فقد احترق قمر صناعى ، فى الستينات ،
فوق ايطاليا ، عند عودته من الفضاء الخارجى ، وتناثر
عنصر البلوتونيوم فى طبقات الجو العليا •

كما أدى فشل طراً عند عودة مركبة أبولو من
الفضاء الخارجى فى عام ١٩٧٠ ، حاملة عبوة من
البلوتونيوم ، الى دفن هذه العبوة ، فى أعماق المحيط
الهادى •

ولحسن الحظ ، لم تهبط هذه العبوة على سطح
الأرض ، ولم تتناثر محتوياتها هناك •

أكثر من ثلاثة أضعاف :

ولقد انعكس نفوذ مؤسسة الطاقة النووية الأمريكية ، على ما قدمته الحكومة الفدرالية ، من تمويل لأبحاث تطوير الطاقة الشمسية ، مقارنة بما قدمه لمشروعات مركبات الفضاء ، التي تمدها الطاقة النووية ، باحتياجاتها من الكهرباء •

وبالرغم من أن مولدات الكهرباء النووية قد استخدمت في عشر مركبات فضاء أمريكية بدون آدميين ، (ويقارن هذا بأكثر من ٦٠٠ مركبة فضائية استخدمت فيها نظم الكهرباء الشمسية) ، وبالرغم من أن الطاقة النووية قد قدمت جزءا من سنين من الكهرباء ، نجد أن الحكومة الفدرالية الأمريكية قد أنفقت أكثر من ثلاثة أضعاف ما أنفقته على أبحاث استخدامات الكهرباء الشمسية في الفضاء ، في تمويل أبحاث النظم النووية الخطرة •

مثال ذلك أنه بين عامي ١٩٦٦ و ١٩٧٣ ، أنفقت الإدارة القومية للملاحة الجوية والفضاء حوالي ٤١ مليون دولار ، لتطوير الكهرباء الشمسية ، للاستخدامات الفضائية •

وفي نفس الفترة ، أنفقت هذه الوكالة أكثر من ١٢٠ مليوناً من الدولارات على النظم النووية الفضائية •

ان هذا لا يعكس الا رقما جزئيا ، ذلك أن ادارة

الطاقة الذرية قد أنفقت مبلغا مساويا على تطوير
النظم النووية الصغيرة .

خلايا السيليكون الصغيرة :

وفي عام ١٩٦٠ ، كانت هناك عدة شركات تقوم
بصناعة خلايا السيليكون الصغيرة ، لتستخدمها مركبات
الفضاء الأمريكية .

ولكن بحلول عام ١٩٧٣ ، بقيت شركتان فقط
لخدمة هذه السوق الصغيرة ، التي يبلغ حجم مبيعاتها
عدة ملايين قليلة من الدولارات في العام : قسم هليوتك
- سبكترولاب في شركة تكسترون ، وقسم سنترلاب
في شركة جلوب - يونيون ، في جنوب كاليفورنيا .

لقد ارتفعت كفاءة تحويل ضوء الشمس الى
كهرباء ، في هذه الخلايا السيليكونية ، من ٣ - ٤
في المائة في الخمسينات ، الى ١٠ - ١١ في المائة في
أواسط الستينات وأوائل السبعينات . ثم بقي هذا
المستوى ثابتا تقريبا حتى عام ١٩٧٢ ، عندما أنتجت
شركة أقمار الاتصالات (كومات)، في كلاركسبورج،
بولاية ماريلاند ، خلية سيليكون محسنة الى درجة
كبيرة .

تكاليف باهظة :

وللاستخدامات الفضائية ، نجد أن المنتجين

الأمريكيين المتبقين قد استخدموا ما وصف بأنه الطرق الدقيقة لصانع الجواهر ، فى صنع الخلايا الشمسية .

لقد استخدموا نوعا نقيًا خاصا من السيليكون أحادى البلورة ، صنع خصيصا لتصنع منه الخلايا الشمسية ، التى تتكون من رقائق رفيعة من السيليكون ، يبلغ سمكها كسورا قليلة من الالف من البوصة ، وتبلغ مساحة الواحدة منها بوصة ونصف .

ان طبيعة صناعة الكوخ التى استخدمت فى صنع الخلايا الشمسية ، وتكاليف السيليكون النقى ، احدها لرفع تكاليف الكهرباء الناتجة عن هذه الخلايا ، الى مستويات فلكية .

لقد كانت الخلايا الشمسية وحدها تتكلف حوالى مائة ألف دولار لكل كيلو واط من الكهرباء تنتجه فى الفضاء . وهذا لا يشمل تكاليف نظام القوى الخاص بالأقمار الصناعية ، أو تكاليف اطلاق القمر الصناعى الى الفضاء ، اللذين يرفعان بدورهما تكاليف القوى الكهربائية الفضائية الى مائتى ألف دولار لكل كيلوواط ، أو أكثر من ذلك .

والمعروف أن بعض الخلايا الشمسية ، التى استخدمت فى رحلات الفضاء ، قد تكلفت حوالى ٨٠٠ ألف دولار لكل كيلو واط من الكهرباء .

واذا وضعت ألواح من خلايا السيليكون الشمسية ،

التي صنعت لتجهز بها الأقمار الصناعية ، للوكالة القومية للرحلات الجوية والفضاء (ناسا) ، في مناطق مشمسة من الولايات المتحدة ، فان التكاليف يمكن ان تكون عالية للغاية ، وذلك اذا ما قورنت بتكاليف محطات القوى التقليدية .

ان ثمن الخلايا وحدها ، (وهو مائة ألف دولار لكل كيلو واط من القدرة الكهربائية للمحطة) ، يزيد عن تكاليف محطة كهربائية كاملة ، تعمل بالوقود الحفري (حوالى ٣٠٠ دولار لكل كيلو واط من قدرة المحطة) .

الا ان هذا العامل المعوق لم يبعث الخوف في نفوس العلماء ، والمؤسسات التجارية ، الذين اقتنعوا بأن الاكتشافات العلمية ، التي تم تحقيقها فى السبعينات ، وطرق الانتاج الكبير ، قد يمكنها تخفيض تكاليف الكهرباء الشمسية، المولدة من الخلايا الشمسية، الى مستوى منافس للكهرباء التقليدية - وبدون التكاليف البيئية لمحطات القوى التقليدية .

وفى الفترة بين الستينات وعام ١٩٧٢ ، ظلت كفاءات تحويل الطاقة الشمسية ، عن طريق خلايا السيليكون ، تتراوح بين ١٠ و ١١ فى المائة - وذلك بالرغم من الحسابات الفنية التى دلت على امكانية زيادتها الى ٢٢ فى المائة .

ان هذا التأخر فى تطوير خلايا أفضل ، يرجع جزئيا الى التكنولوجيا .

ولكن يجب علينا ألا نغفل السياسة من نصيبها
المساوى من المسئولية •

التكنولوجيا :

ومن المفيد دراسة الطريقة التى تحول بها خلية
السيليكون ، ضوء الشمس الى كهرباء ، حتى نتمكن من
تقدير امكانيات انتاج خلايا سيليكون أكثر كفاءة ،
وأقل تكلفة •

يمكن لخلية السيليكون الشمسية تحويل ضوء
الشمس الى كهرباء ، عن طريق الخصائص الفريدة
لعنصر السيليكون نفسه ، الذى هو مادة شبه موصلة ،
فهو موصل كهربى ، وعازل كهربى ، فى نفس الوقت •
وتستعمل المواد شبه الموصلة ، على نطاق واسع ،
خارج صناعة الخلايا الشمسية ، التى تعد من أصغر
الصناعات التى تستخدم السيليكون ، وغيره من المواد
شبه الموصلة •

ان توفر هذه المواد شبه الموصلة جعل من
الترانزيستور حقيقة واقعة ، بحيث أمكنه أن يحل محل
الصمامات الكبيرة الحجم ، فى المعدات الالكترونية ،
كما أدخل ثورة فى علم الالكترونيات الحديث •

صناعة الخلايا الشمسية :

ان السيليكون الذى تنتج منه الخلايا الشمسية .
ينمى على هيئة بلورات مفردة كبيرة .

كما أن شرائح السيليكون الرقيقة ، التى تكون
أساس الخلية الشمسية ، تقطع من مصبوب البلورات .
بصبر وأناة ، باستخدام مناشير ماسية ، عالية الدقة .
ثم تغطى شرائح السيليكون بمواد أخرى ، مثل
البورون ، لتعطى طبقة كهربية موجبة ، تتفاعل مع
طبقة السيليكون ذات الشحنة السالبة .

ان طبقة السندويتش الحرجة هذه (او وصلة
الموجب - السالب) هى مفتاح انتاج الكهرباء ، وهى
التي تعطى خلية السيليكون خاصيتها الكهربية
الضوئية ، (أو الفوتو فولتائية) .

وقد اشتقت هذه الكلمة الأخيرة من لفظ «فوتو» ،
ويعنى الضوء ، ولفظ « فولتائى » الذى يشير الى
الكهرباء . (واللفظ الآخر مأخوذ من اسم السنيور
فولتا ، أحد رواد القرن التاسع عشر فى اكتشاف
الكهرباء) .

تيار مستمر :

تعرف الجسيمات الأولية للطاقة ، فى ضوء
الشمس ، بالفوتونات .
وعندما تطرق هذه الفوتونات سطح خلية السيلكون،

فانها تتحول الى الكترونات فى وصلة الموجب -
السالب .

وتقبل الطبقة الموجبة الالكترونات ، بينما ترفضها
الطبقة السالبة ، وينشأ عن ذلك تيار مستمر .

ويحول هذا التيار الى أسلاك كهربية ، عن طريق
موصل كهربى ، مغموس فى الطبقة السطحية من الخلية
الشمسية .

وفى الخلية الشمسية المعتادة ، التى تبلغ أبعادها
 2×2 سم ، التى تستخدم فى سفن الفضاء ، تقوم
سته أصابع دقيقة من الفضة ، مغموسة فى الخلية
الشمسية ، بالتقاط كهرباء الخلية ، ثم تنتقل الكهرباء
الى بطاريات التخزين ، ثم الى المعدات الكهربية .

ولخلايا السيليكون التقليدية (التى تبلغ كفاءتها
من ١٠ الى ١١ فى المائة) وصلة موجب - سالب عميقة
نسبيا (ولو أن عمقها يبلغ ٤ آلاف وحدة أنجستروم
فقط) .

ويعد هذا العمق أمرا ضروريا لتوصيل التيار
الكهربى من الخلية .

وتستلزم هذه الوصلة العميقة استخدام كمية كبيرة
من بلورة السيليكون ، فى صناعة كل خلية شمسية -
الأمر الذى يزيد من تكاليف الخلية الشمسية .

كميات كبيرة من الطاقة :

وهناك عوامل أخرى تضيف زيادات أخرى الى التكاليف :

العمالة المدربة الى درجة عالية ، والتي تقوم بتقطيع مصبوب السيليكون ، والطريقة التي تعبر بدائيه ومستهلخة للوقت ، والتي تستخدم في تنميته البلورات ، وتقطيع السيليكون الى شرائح رفيقة ، والتالف الكثير من السيليكون ، والذي يبلغ حوالى ثلثه ، والذي ينشأ عن تقطيع الشرائح المسنديرة ، الى خلايا مربعة ، ثم السعر الأساسى المرتفع لخام السيليكون .

ان مادة خام السيليكون ، وهى الرمل ، مادة متوفرة .

ولكن تنقية السيليكون المتبلر تحتاج الى كميات كبيرة من الطاقة .

لقد بين الدكتور (مارتن وولف) من جامعة بنسلفانيا ، أثر هذه التكاليف المرتفعة ، أمام اجتماع لاختصاصى الخلايا الشمسية .

يجب أن نأخذ كل متر مربع من نظم الكهرباء المركبة حديثا ، ٧٥٠٠ كيلوواط من الطاقة الكهربائية ، قبل استعادة الطاقة المستخدمة فى انتاج هذه النظم .

ويشرح الدكتور وولف هذه العبارة ، فيقول :
ان هذا يعني أنه لو قام شخص بتركيب لوح شمسي
من خلايا السيليكون ، فوق سطح منزله ، لتوفير
احتياجات المنزل من الكهرباء المولدة من ضوء الشمس ،
فان القدرة الكهربائية المستخدمة في صناعة هذه الخلايا ،
لن تستمد من هذه المجمعات الشمسية قبل مرور
٤٠ عاما .

نتج كهرباء أكثر :

هذه الحقيقة ، بالاضافة الى التكاليف العالية
للفاية لخلايا السيليكون ، التي تستخدم في الاستخدامات
المضائية ، كل ذلك دفع الدشور جوزيف ليندماير ،
مدير معمل الفيزياء في شركة اعمار الاتصالات ، الى
مواصلة تطوير خلية سيليكون شمسية ، يمكنها ان
تنتج كهرباء أكثر ، من كل جرام من السيليكون يدخل
في صنعها ، بينما تحتاج في صنعها الى كمية اصغر
من السيليكون - وواضح ان اتحاد هذين العاملين يؤدي
الى امكان انتاج كهرباء أكثر ، بتكاليف أقل .

لقد كان الدكتور (ليندماير) في وضع فريد ،
في معامل شركة اعمار الاتصالات (كومسات) ، لأن
هذه الشركة كانت أحد المستخدمين القلائل لخلايا
السيليكون الفضائية ، بالاضافة الى وكالة (ناسا) .
لقد استخدمت اعمار كومسات ، خلايا سيليكون

شمسية ، لمبد الأجهزة بالكهرباء اللازمة لارسال المعلومات من الفضاء الى الأرض .

ثورة فى تكنولوجيا أشباه الموصلات :

لقد بين الدكتور (ليندماير) أنه قد أدهشه ، لعدة سنوات ، أن صناعه خلايا السيليكون الشمسية ، قد اعتراها الركود ، فى الستينات والسبعينات ، بالرغم من التقدم المستمر ، بخطوات واسعة ، الذى كان يجرى خلال هذه الحقبة ، لتطوير المواد شبه الموصلة ، وخاصة السيليكون ، لاستخدامها فى عدد من التطبيقات الأخرى .

مثال ذلك ، تطوير التكنولوجيا المعقدة ، لأشباه الموصلات ، باستخدام رقائق السيليكون المعروفة بالتشبيس ، وهى قطع صغيرة من السيليكون ، تحتوى على طبقات موصلة ، بحيث أصبح من الممكن صنع الكمبيوتر الصغير .

لقد استنتج الدكتور (ليندماير) أن صناعة خلايا السيليكون الشمسية ، يجب أن تستفيد من هذه الثورة فى تكنولوجيا أشباه الموصلات ، المصنوعة من السيليكون .

لذلك نجده قد توصل الى أنه باستخدام طرق الانتاج التى طورتها صناعة أشباه الموصلات ، فانه قد

يكون قادرا على تطوير خلايا شمسية محسنة ، أرخص
ثمنا من تلك المتاحة عن طريق موردى وكالة (ناسا) .

الخلية البنفسجية :

وفى شهر مايو من عام ١٩٧٥ ، أعلن فريق البحث
العلمى ، الذى كان يعمل مع الدكتور (ليندماير) ،
والذى لم يكن يضم علماء لهم خبرة سابقة بخلايا
السيليكون الشمسية ، أنه قد امكن تحقيق هدف
البحث .

لقد تمكنوا من صنع خلية شمسية جديدة فى
معملهم ، وأطلقوا عليها اسم « الخلية البنفسجية » ،
لأنها كانت تحول قدرا أكبر من ضوء الشمس ، الى
كهرباء ، فى المدى البنفسجى وفوق البنفسجى من طيف
الضوء ، عما كانت تحوله خلايا السيليكون التقليدية .

تصميم جديد :

لقد صممت هذه الخلية الجديدة ، باستخدام
العمليات الحديثة لصناعة أشباه الموصلات ، واتى
تشملى :

١ - استخدام طرق خاصة للتغطية ، تضيف طبقات
من السيليكون ، عن طريق ترسيب البخار ، فى
اناء مفرغ من الهواء .

٢ - استخدام وصلة كهربية (موجب - سالب) ضئيلة

العمق ، اذ يبلغ عمقها ألف وحدة انجستروم .
وهو ربع العمق المقابل فى الخلية التقليدية ، وهذا
يقلل الى النصف كمية السيليكون اللازمة لصنع
الخلية .

٣ - استخدام دائرة موصل كهربى جديدة فى الخلية .
وتحتوى الخلية التقليدية على ستة اصابع من
الفضة ، تقوم بتوصيل الذهباء من الخلية .

أما الخلية البنفسجية ، فانها تستخدم شبكة
ميكروسكوبية من خيوط الفضة ، لتوصيل الذهباء ،
وذلك باستخدام طريقة لصنع الدوائر الدقيقة من
الفضة ، عن طريق التآكل الفوتوغرافى .

ويقارن ذلك بالأصابع السميكة المصنوعة من
الفضة ، والتي توجد فى الخلايا الشمسية التقليدية .

زيادة فى الكفاءة :

وفى معامل كومسات ، فى كلاركسبورج ، بولاية
ماريلاند ، تبين أن الخلايا البنفسجية تزيد كفاءتها
عن ١٥٪ فى تحويل ضوء الشمس الى كهرباء .

ويقارن هذا بأحد عشر فى المائة ، وهو كفاءة
الخلايا التقليدية - وهى زيادة تزيد عن الثلث .

وهكذا تمكن فريق البحث المجدد ، الذى يرأسه
الدكتور (ليندماير) ، باستخدام استثمار صغير ، لم

يتعد ٣٠٠ ألف دولار ، من النجاح ، فى خلال عام ونصف ، فى وقف فترة الركود فى صناعة خلايا السيليكون الشمسية ، تلك الفترة التى دامت أكثر من عقد من الزمان .

عهد جديد :

وفى عام ١٩٧٣ ، باعت شركة كومسات ، تكنولوجيا الخلية البنفسجية ، الى قسم سنترالاب ، فى شركة جلوب يونيون ، وهى احدى الشركتين الأمريكيتين اللتين تنتجان الخلايا الشمسية لأغراض الفضاء .

كما أعلنت شركة كومسات ، ووكالة (ناسا) ، عن البدء فى استخدام الخلايا البنفسجية ، فى الاقمار الصناعية .

ان الدكتور (ليندماير) واثق من أن عهدا جديدا قد بدأ ، فى تاريخ الخلية الشمسية .

بل انه قد بين أن طرق الانتاج الجديدة ، المستخدمة فى الخلايا البنفسجية ، يمكنها أن تؤدى الى تقليل كبير فى تكاليف انتاج الخلايا الشمسية ، المنتجة خصيصا لاستخدامها على سطح الأرض .

ان طرقا اضافية جديدة ، لصنع الخلية الشمسية ، قد تقدم الحافز الاقتصادى ، لكسر حلقة التكاليف ، التى تحيط بتكنولوجيا الخلية الشمسية .

وان الجهود المتواصلة لمجموعة الدكتور (ليندماير)
قد بينت أن الطريق مفتوح لاقتحامات علميه جديدة .

تطوير طرق للانتاج الكبير :

وبالرغم من أن اعتبارات التكلفة ليست العامل
الوحيد ، بل لعلها ليست العامل الرئيسى فى اختيار
الطاقة الشمسية ، أو طاقة الوقود الحفرى ، أو الطاقة
النووية ، لتوليد الكهرباء ، فى المستقبل ، فان الكثيرين
مقتنعون بأنه ، بمزيد من الابحاث ، فان الكهرباء
الشمسية يمكن أن تصبح فى رخص الكهرباء المولدة
عن طريق الوقود الحفرى ، أو الطاقة النووية ، أو
أرخص منهما .

ومن المؤكد أن العامل الرئيسى فى اخراج ذلك الى
حين الوجود ، هو تطوير طرق للانتاج الكبير .

نصف دولار لكل قدم مربع :

لقد عمل المهندس (وليام تشيرى) فى مجال الخلايا
الشمسية ، منذ الخمسينات .

ثم أصبح أحد المسئولين فى وكالة (ناسا) ، فى
مركز جودارد للطيران فى الفضاء ، فى مدينة جرينيلت ،
فى ولاية ماريلاند .

لقد فكر هذا المهندس فى ايجاد اتحاد بين عدد من

الطرق الحديثة ، لانتاج الخلايا الشمسية على نطاق كبير ، لاستخدامها فى محطات القوى .

كما تنبأ بخطط تجميع على الكفاءة ، الى درجة كبيرة ، لانتاج خلايا السيليكون : يفدى جانب من الالة بخام السيليكون ، وتخرج من الطرف الآخر ، ملاعة مجهزة من الخلايا الشمسية .

وباستخدام الطرق المتقدمة للانتاج الكبير ، فان الخلايا الشمسية يمكن أن تكلف نصف دولار لكل قدم مربع ، أو خمسين دولارا لكل كيلو واط .

شرائط الياقوت الأزرق :

لقد تم صنع آلة تشبه ، الى حد كبير ، تلك التى اقترحها (تشيرى) ، لتنتج ، على نطاق كبير ، شرائط الياقوت الأزرق ، ذى الجودة العالية ، وذلك لاستخدامات تكنولوجية متعددة .

لقد قام بصنع هذه الآلة ، المهندس (هارى لابل) ، وهو مخترع ، والدكتور (أ . مالا فسكى) ، مدير مركز تيكو التكنولوجى المشترك ، فى والتام ، بولاية مساشوستس الأمريكية .

وتعتمد طريقة تيكو ، للانتاج الكبير ، على الخاصية الشعرية : عند درجة ٢٦٢٠° م ، يسحب الياقوت الأزرق المصهور ، من خلال أنبوبة شعرية .

وعندما يصل الى أعلى الأنبوبة ، يقابل جزءا مصنوعا من الياقوت والمولبدنم ، يجعل الياقوت المصهور يأخذ الشكل المطلوب ، مربعا ، أو مستديرا . أو مستطيلا ، أو غير ذلك .

ثم توصل قطعة من الياقوت الصلب ، بالياقوت المصهور المشكل ، وتجذب الى أعلى ، لترفع معها جزءا من الياقوت المصهور ، فى الأنبوبة الشعرية ، ليحل محل الياقوت الذى تم تشكيله ، ولتستمر العملية .

وينتج شريط من الياقوت ، وذلك بسحب الياقوت المصهور من خلال فتحة صممت لهذا الغرض ، أو فتحة فى الجزء سالف الذكر .

ويمكن لهذه الفتحة أن تأخذ أى شكل ، بحيث يخرج شريط الياقوت اسطوانيا ، أو مستطيلا ، أو على أى شكل آخر .

برنامج متقدم للتطوير :

وفى حديث أدلى به الدكتور (ملافسكى) ، بين أن البحث والتطوير الابتدائيين يهدفان الى انتاج شرائط السيليكون بنفس الطريقة التى تنتج بها شرائط الياقوت فى تيكو .

الا أن درجة حرارة السيليكون المصهور تقل عن

درجة حرارة الياقوت المصهور ، اذ أنها تبلغ ١٤٢٠ فقط .

الا أن السيليكون يضيف مصاعب أخرى ، أهمها طبيعته الكيميائية المتفاعلة ، التي تسبب ذوبان عناصر كثيرة فيه ، وتكوين مركبات كيميائية جديدة ، مع العناصر الأخرى .

وينشأ عن هذا مصاعب كبيرة في اختيار المادة المناسبة لصنع الأجزاء التي يمر بها ، تلك المادة التي يمكنها تحمل عنف الانتاج الكبير المستمر لشرائط السيليكون .

الا أن الدكتور (ملافسكى) قد صرح بأن الجهود الأولية كانت مشجعة تماما ، وقلنا بأن المشكلة سوف يمكن حلها ، خاصة عن طريق تطبيق برنامج متقدم للتطوير ، واعتمادات تقدر بعدة مئات الآلاف من الدولارات .

خفض التكاليف :

وفي عام ١٩٧٣ ، بدأت الآلات التجريبية في انتاج شرائط السيليكون البلورى ، على نطاق صغير .
الا أن بعض مشاكل التفاعلات الكيميائية ، قد حالت بين شريط السيليكون ، وبين الوصول الى نوعية

ذات درجة عالية من الجودة ، تسمح باستخدامه في
الخلايا الشمسية .

الا أن طريقة تيكو قد بعثت الآمال في نفوس
أنصار الكهرباء الشمسية ، وباتوا يعتقدون أن المشاكل
الآلية يمكن حلها ، بحيث يمكن لتكاليف خلايا السيليكون
أن تنخفض بطريقة درامية .

وعلى أساس تكلفة خام السيليكون في المستقبل ،
والتي تقدر بعشرة دولارات لكل رطل ، يرى الدكتور
(ملافسكى) أن مصنعا صغيرا يضم ١٢ آلة ، سوف
يمكنه أن يعمل باستمرار ، لينتج ٢٤٠٠ شريط من
السيليكون عرضه بوصة واحدة ، نقي بما يكفي لصنع
الخلايا الشمسية ، بتكاليف تقدر بمبلغ ١٧ر٥ دولار
لكل رطل من شريط الخلايا الشمسية .

ان هذا سوف يخفض تكاليف السيليكون لكل
كيلو واط من الكهرباء الشمسية ، الى ٩٠ سنتا .

وواضح أن هذا لا يشكل الا حوالى نصف تكاليف
الخلية الشمسية المجهزة ، والتي يأمل الدكتور
ملافسكى ، بتحفظ ، أن يمكن انتاجها بمبلغ ١٨٠
دولارا لكل كيلو واط ، باستخدام هذه الطرق
الحديثة .

استخدام السيليكون لخزن الطاقة :

ويعتقد الدكتور (ملافسكى) ان التطوير الناجح لطريقة تيكو للانتاج على نطاق واسع ، سوف تجعل من الممكن استخدام السيليكون كمادة لخزن الطاقة ، أو ، بعبارة أخرى ، كوقود يمكن نقله .

ذلك أنه سوف يكون من الممكن صناعة شرائط السيليكون (التى تصلح لصنع الخلايا الشمسية) ، فى مكان تتوفر فيه الرمال ، والطاقة الكهربائية (التى قد تأتى من محطة قوى تعمل بالطاقة الشمسية) .

وبعد الانتاج ، فان هذه الشرائط ، أو حتى خلايا السيليكون الشمسية التامة الصنع ، سوف تشحن الى محطاتها النهائية ، حيث تستخدم هذه الخلايا الشمسية ، فى تحويل ضوء الشمس الى كهرباء .

ان هذا يشبه ، الى حد كبير ، شحن الجازولين ، والزيت ، والغاز ، أو نقل الكهرباء فى خطوط الضغط العالى .

ويرى الدكتور (ملافسكى) أن شحن السيليكون ممتاز ، من الناحيتين الاقتصادية والبيئية ، على نقل الطاقة التقليدية .

دائرة كاملة :

ويعطى الدكتور ملافسكى مثلاً من افريقيا : فهناك

الصحراء الكبرى الغنية بالرمال ، وهناك الكهرباء
الرخيصة ، التي تتولد من المساقط المائية •

يمكن صنع شرائط السيليكون في هذا الموقع ،
باستخدام الرمال المتوفرة هناك ، واستخدام الكهرباء
لتسخين الأفران (لصنع الشرائط) •

انها دائرة كاملة ، يستخدم فيها السيليكون كوسط
خازن للطاقة •

والسيليكون يمكن نقله • ان حمولة لورى من
السيليكون (فى صورة خلايا شمسية تامة الصنع)
يمكن أن تولد آلاف عديدة من كيلووات الكهرباء •

ويضيف الدكتور (ملافسكى) أن هذا النوع من
خزن الطاقة ، يجب أن يقارن بانتاج وقود الأيدروجين
من الطاقة الشمسية •

الا أنه يرى أن السيليكون يمتاز بقدرة على
احتواء الطاقة ، بكميات أكبر ، كما أنه أرخص فى
نقله ، عن وقود الأيدروجين •

تقرير هام :

ان مجموعة من علماء الخلية الشمسية ، العاملين
فى صناعة الخلايا الشمسية ، ومعهم ممثل من معمل
الدفع النفاث ، الذى تموله الحكومة الأمريكية ، قدموا
تقريراً علمياً عن اقتصاديات الخلايا الشمسية ، بينوا

فيه أن طريقة تيكو قد تؤدي الى صنع (قطع) الخلية الشمسية بتكاليف قدرها ١٥٠ دولارا لكل كيلوواط ، وهي تكاليف تقل مائة مرة عن تكاليف تقطيع السيليكون من مصبوبة ، والتي تقدر بمبلغ ٣٠ ألف دولار لكل كيلوواط .

ان طريقة تيكو قد تمد الصناعة بشريط مستمر ، يمكن أن يقطع آليا الى قطع تصنع منها الخلايا الشمسية .
وواضح أن هذه الطريقة أبسط كثيرا من تقطيع شرائح السيليكون .
كما أنها لا تحتاج الى استخدام مناشير الماس الدقيقة .

٢٧٥ دولارا لكل كيلوواط :

وجاء في التقرير الذي قدمه هؤلاء العلماء ، ان تطوير طريقة لصنع شريط مستمر ، هو السبيل الى صنع خلايا شمسية من السيليكون ، بطريقة اقتصادية ، بدرجة أكبر .

ومن ذلك انتهوا الى أن اقامة خط لانتاج الخلايا الشمسية ، تامة الصنع ، قد يصبح حقيقة واقعة ، وأن عمليات عمل الوصلات الكهربائية للخلية ، والموصلات والأغطية ، سوف تصبح آلية .

كما توصلوا الى أنه عند كفاءة تحويل مقدارها

عشرة في المائة ، فان تكاليف الكهرباء الشمسية ، سوف تصبح ٣٧٥ دولارا ، لكل كيلو واط من سعة المحطة ، في منطقة مشمسة •

منافسة لمحطات القوى النووية :

ان هذا سوف يمكن من استخدام الخلية الشمسية على نطاق تجارى • ذلك لأن محطات القوى الكهربائية التقليدية ، تتكلف ما بين ٣٠٠ و ٦٠٠ دولار لكل كيلو واط •

أما التكاليف الإضافية لـخزن الكهرباء الشمسية ، لاستخدامها أثناء الليل ، فانه يجب أخذها فى الاعتبار • ولكن هذه التكاليف لن تضاعف تكاليف الكهرباء الشمسية •

كما أنه عند انتاج خلايا السيليكون الشمسية ، على نطاق كبير ، فان الكهرباء الشمسية ، قد تصبح منافسة لمحطات القوى النووية •

ثورة في عالم الطاقة

الطاقة النووية :

عندما تنشطر ذرات العناصر الثقيلة ، مثل البلوتونيوم ، أو اليورانيوم ، تتكون ذرات عناصر أخف ، وتنطلق نيوترونات ، وكمية كبيرة من الطاقة الحرارية .

ويطلق على هذا التفاعل اسم الانشطار النووي .

وهذا ما يحدث عندما تنفجر قنبلة ذرية .

وفي هذه الحالة ، يحدث انشطار نووى متسلسل ، لا يجرى التحكم فيه .

أما في المفاعلات النووية ، فإن الانشطار النووي المتسلسل ، يجرى التحكم فيه ، بهدف توليد طاقة حرارية ، يمكن الاستفادة بها في توليد القوى الكهربائية .

وفي القنبلة الهيدروجينية ، يحدث اندماج نووى:

اذ يحدث اندماج بين نواتي ذرتين خفيفتين ، وتنطلق كمية هائلة من الطاقة الحرارية .

ومنذ أعوام ، يحاول العلماء بناء مفاعل نووى .
يمثل بالاندماج النووى .

ويتميز هذا المفاعل بالوقود الرخيص المتوفر ،
وعدم وجود نفايات مشعة .

الا أن العقبة الرئيسية فى سبيل هذا التفاعل ، هو
جعل أنوية الذرات تندمج ، تلك الأنوية التى تنافر
عادة .

غير عملية :

ان مفاعلات الاندماج النووى التجريبية ، التى
تجرى عليها الاختبارات فى يومنا هذا ، تسعى الى
التغلب على هذا التنافر بالقوة : ذلك أنها ترفع درجة
حرارة هذه الجسيمات ، الى خمسين مليون درجة مئوية ،
ثم تضغطها الى كثافة عالية للغاية .

وهذا يجعل الأنوية تندمج .

ولكن هذه العملية تستهلك من الطاقة ، أكثر مما
تنتج - وعلى ذلك ، فهى غير عملية .

ويرى (ستيفن دين) ، الذى يعمل فى مجموعة
تجارية ، اسمها اتحاد طاقة الاندماج ، أن الباحثين فى

هذا المجال ، قد تقدموا مليون مرة ، خلال الأعوام
العشرين الأخيرة ، نحو اغلاق فجوة الطاقة هذه .

ولكن مازال أمامهم معامل مقداره عشرة أضعاف ،
عليهم أن يقطعوه ، قبل أن يتمكنوا من تحقيق فكرة
مفاعل الاندماج النووي .

محاولات عملية :

ولاكثر من ثلاثين عاما ، حاول العلماء أن يقوموا
بتقليد نفس العملية التي تحدث في الشمس ، ألا وهي
الاندماج النووي .

ان اندماج ذرتين خفيفتين ، ليكونا ذرة أثقل ،
ينتج عنه طاقة حرارية ، يمكن تحويلها الى كهرباء .

وفي سبيل الوصول الى طاقة الاندماج النووي ،
قام العلماء ببناء أجهزة ليزر ، تبلغ طاقتها ١٢٠
تريليون وات ، كما قاموا ببناء مفاعلات يبلغ حجمها
حجم ١٢ قاطرة من قاطرات السكك الحديدية .

ولكن ، وفي هذه الأيام ، التي يبدو لنا فيها أنهم
على وشك أن يجعلوا من الاندماج النووي مصدرا عمليا
للطاقة ، أعلن عالمان من علماء الكيمياء ، أنهما
يستطيعان أن يحدثا اندماجا نوويا ، في أنبوبة
صغيرة .

نتائج مذهلة :

ذلك أن (مارتن فليشمان) ، الأستاذ فى جامعة (سوثامبتون) الانجليزية ، و (ب * ستانلى بونز) الأستاذ فى جامعة (يوتاه) الأمريكية ، نشرأ بحثا عن النتائج المذهلة ، التى توصلأ إليها فى هذا المجال .

وظهر البحث فى مجلة Nature المعروفة ، فى شهر مارس من عام ١٩٨٩ .

ومنذ أن ظهر هذا البحث ، ظلت ماكينات الفاكس. فى مراكز البحث العلمى ، تقذف نسخا من هذا البحث المنشور فى عشر صفحات ، الذى يصف كيف يمكن انتاج طاقة الاندماج النووى فى أنبوبة صغيرة .

ان هذه الفكرة قد تنجح ، الأمر الذى قد يؤدى الى « أهم اكتشاف علمى فى القرن العشرين » ، كما يقول عالم الفيزياء (فيليب موريسون) ، الأستاذ فى معهد مساشوستس للتكنولوجيا ، « وذلك اذا لم يكن هناك اكتشاف على الاطلاق » .

مزايا طاقة الاندماج النووى الجديدة :

ومن مزايا هذه الطاقة الاندماجية الجديدة ، أنها بسيطة ورخيصة .

ومثلها فى ذلك مثل الاندماج النووى التقليدى ،

نجد أنها سوف تستخدم وقودا رخيصا ، متوفرا
بلا حدود ، يستخلص من ماء البحر .

كما أنها سوف تولد مخلفات مشعة ، تقل في
كميتها عن تلك التي تتخلف من محطات القوى الذرية ،
التي تعمل في يومنا هذا ، والتي تعمل بطريقة
الانشطار النووي .

كما أنها لن تنتج غاز ثاني أوكسيد الكربون ،
الذي ينتج من محطات القوى التي تعمل بالفحم ، ذلك
الغاز الذي يهدد العالم بارتفاع متواصل في درجة
الحرارة ، الناتج عن تأثير « بيت النباتات الزجاجي »
المعروف .

وبعكس الاندماج النووي التقليدي ، فإن الطريقة
الجديدة تعمل عند درجة حرارة الفرقة .

وهي بذلك تقدم « تكنولوجيا يمكن استخدامها
في توليد الحرارة والقوة الكهربائية » كما يقول العالم
(فليشمان) .

سنوات ودولارات :

لقد توصل العالمان (فليشمان) و (بونز) الى
خطة لاجراء أبحاث مشتركة ، وذلك أثناء رحلات
خلوية ، قاما بها في ربوع ولاية (يوتاه) ، وفي أثناء
جلسات طويلة في مطبخ (بونز) .

يقول (بونز) « كانت فرصة النجاح واحدا في
البليون » - ولكن المعجزة تحدث أحيانا .

وطوال خمسة أعوام ، أنفق الباحثان مائة ألف
دولار ، من مالهما الخاص ، على التجارب . لقد كانا
يعملان ليلا ، وفي أثناء عطلات نهاية الأسبوع .

ولكن الأمور لم تكن تسير كما كانا يشتهيان .

وفي إحدى المرات ، كان التفاعل متوحشا ،
وأحرق أرضية المعمل .

ولكن ، وحتى قبل أن يعلنوا النتائج الكاملة
لأبحاثهما ، كان الكيميائيون يهملون .

قال (تشارلز مارتن) الأستاذ في جامعة تكساس
« ان خلاصة المبقرية تحقق أشياء يراها الآخرون
أمورا غريبة ومضحكة » .

وهذان الرجلان يتمتعان بمقدرة فائقة على رؤية
الأشياء .

اندماج بارد :

وتتلخص فكرة الاندماج النووي البارد فيما يلي :
هناك فلز فضي اسمه الباليديوم ، يمكنه أن يكون مثل
زنزانة سجن مزدحمة ، لذرات معينة .

يمتص الباليديوم نوعا من الهيدروجين ، اسمه

الديوتيريوم ، ويحبسه في داخل تركيبه البلورى ،
وتضغط أنوية الديوتيريوم بشدة ، الا أنها تبقى قادرة
على الحركة ، « بحيث يجب أن يكون هناك عدد كبير من
التصادمات عن قرب » ، كما يقول الباحثان (فليشمان)
و (بونز) .

وقد تمكنت بعض تجارب الاندماج النووى البارد،
من انتاج حرارة وات من القوة ، من كل وات أدخل فيها .
وانطلقت اشاعة عن عملية تنتج ١٠ وات من كل
وات .

وبالاضافة الى ذلك ، تمكن هذا الفريق البحثى من
اثبات تكون نيوترونات ، وعنصر التريتيوم ، وهو
شكل من أشكال الهيدروجين ، يستخدم فى القنابل
الهيدروجينية .

والمعروف أن انطلاق النيوترونات ، وتكون
التريتيوم ، هما مؤشران على حدوث اندماج نووى .
تجارب ناجحة سابقة :

وبالرغم من هذا الشك المبكر ، فان بعض علماء
الاندماج النووى ، بدأوا يؤمنون بهذا « الاندماج
النووى البارد » الجديد .

ويرجع هذا جزئيا ، الى أن (بونز) و (فليشمان)
ليسا وحدهما هما الرائدان فى هذا المجال .

ذلك أن هناك باحثين آخرين ، يقودهم عالم الفيزياء (ستيفن جونز) فى جامعة (بريجهام يونج) ، و (جوهان رافلسكى) فى جامعة (أريزونا) ، قد راوا نوعا من الاندماج النووى البارد .

لا يعطى كثيرا من الحرارة :

ففى عام ١٩٨١ ، بدأ هؤلاء الباحثون فى تخليق ذرات هيدروجين غير عادية : لم يكن يدور حول أنويتها الككترونات ، كما هو الحال فى الذرات الطبيعية ، وإنما جسيمات تسمى ميونات (Muons) .

ويقول (رافلسكى) « ان هذه الميونات تمكن أنوية الهيدروجين من الاقتراب من بعضها البعض ، بدرجة تزيد بمقدار مائتى مرة عما تفعل عادة ، بحيث تندمج فى بعضها البعض » .

ولسوء الحظ ، فإن الاندماج النووى ، المحفوز بالميونات ، لا يعطى كثيرا من الحرارة .

ولذلك ، فإنه لم يصبح ، حتى الآن، مصدرا عمليا للطاقة .

كذلك ، قامت مجموعة (جونز) بتجربة فكرة السجن الفلزي ، وذلك باستخدام عنصر التيتانيوم ، بدلا من الباليديوم .

وهم يرون دلائل واضحة على امكانية حدوث الاندماج النووي .

الا أنهم لم يحصلوا على انتاج حرارى كبير ، ودب بعكس ما حدث مع (بونز) و (فليشمان) .

حرارة غامضة :

وحتى اذا كانت التركيبات البلورية الفلزية تجعل الأنوية تندمج ، فهل يؤدي هذا الاندماج الى توليد تلك الحرارة الكبيرة ، اللازمة لتوليد القوة الكهربائية ؟

ان جميع الفرق البحثية ، التى أجريت فى مجال الاندماج النووي البارد ، لم تتمكن من الحصول على انتاج حرارى كبير ، بما فى ذلك الفريق البحثى الذى يعمل فى معمل بروكلين القومى ، فى نيويورك ، الذى نجح فى شهر ابريل من عام ١٩٨٩ ، فى تحقيق الاندماج النووي البارد .

ملحوظة لم تفسر :

ان العالمين (بونز) و (فليشمان) وحدهما ، هما اللذان ذكرا انتاج حرارة كبيرة . فقد تمكنا من قياس حرارة تزيد بمقدار بلايين المرات ، عن تلك التى يمكن تفسيرها عن طريق الاندماج القياسى للديوتيريوم .

ويرى الدكتور (ديفيد ويليامز) ، الذى يعمل فى

هيئة الطاقة الذرية البريطانية ، أن هذه هي الملحوظة
التي لم تفسر بعد .

وفي واقع الأمر ، فانه اذا كانت هذه الحرارة
تنتج عن اندماج الديوتيريوم ، فان هذا التفاعل كان
من الممكن أن ينتج عنه عدد كبير من النيوترونات ،
بحيث كان من الممكن أن يموت (بونز) و (فليشمان)
نتيجة للتعرض للاشعاع .

ولما كان هذان العالمان مازالا يرزقان ، فان اندماج
الديوتيريوم لا يمكن أن يكون مصدر الحرارة .

واليوم نجد علماء الفيزياء في حيرة يتساءلون عن
ماهية هذا المصدر الحرارى .

ويرى (بونز) و (فليشمان) أنه يجب أن يكون
عملية أو عمليات نووية غير معروفة .

لمدة عام كامل :

لقد تقدمت جامعة (يوتاه) بطلب لاصدار براءة
اختراع عن الاندماج النووي البارد .

ولكن ، هل هناك شركات يهملها هذا الموضوع ؟

ان وقود الاندماج النووي رخيص ومتوفر .
فالديوتيريوم يأتي من ماء البحر .

ويكلف الجالون من الماء الثقيل حوالى عشرة
سنتات .

ان نصف طن من الماء الثقيل ، يحتوى على كمية
من الديوتيريوم ، تكفى لتشغيل محطة للقوى ، قدرتها
ألف ميجاوات ، لمدة عام كامل .

عقبات أخرى :

ولكن عددا من المهندسين يتنبأون بعقبات أخرى،
فى سبيل اقامة محطة للقوى ، تعمل بالاندماج النووى
البارد .

من ذلك أن عنصر الباليديوم ، يتكلف الطن منه
خمسة ملايين دولار .

وقد ارتفع ثمنه كثيرا منذ أن نشر هذان العلمان
بحثهما عن الاندماج النووى البارد .

ان محطة للقوى ، قدرتها ألف ميجاوات ، تحتاج
الى ٤٠٠ طن من الباليديوم .

ويرى عالم الفيزياء (جيرالد كولشينسكى) أن
الباليديوم تقل كفاءته فى امتصاص الديوتيريوم . وبدء
عملية الاندماج النووى ، عند درجات حرارة تقترب من
تلك التى تعمل عندها محطة للقوى النووية .

وهذا لا يعنى أن الاندماج النووى البارد ، لا يمكن
أن يتم ، ولكنه يعنى أنه يجب التفكير فى عمل شيء
للاتفاف حول هذه العقبة .

على نطاق تجارى :

ان أكثر العلماء تضاؤلا ، يرون أنه لن يمكن تطبيق الاندماج النووى التقليدى ، على نطاق تجارى، قبل ثلاثين عاما .

ولكن الوضع يختلف بالنسبة للاندماج النووى البارد .

فهناك فرق بحثية كثيرة ، تسعى الى تحقيق ذلك الاندماج النووى البارد ، بحيث أصبح هناك نقص فى عنصر الباليديوم .

ومن أوائل الذين تمكنوا من تأكيد الاندماج النووى البارد ، عالم الفيزياء (تيبور ستاريكسكاى) فى جامعة (كوسوث لايمس) فى المجر ، بالاشتراك مع (جيولا سيكا) .

ويرى هذا العالم أنه سوف يمكن الحصول على طاقة تجارية ، من هذا المصدر الجديد ، بسرعة أكبر من تلك التى سارت بها الأمور ، بعد اكتشاف الانشطار النووى .

الفهرس

الموضوع	صفحة
الطاقة والبيئة والآلة	٥
انتاج الجازولين من الغاز الطبيعي	١٩
الطاقة النووية	٣٩
البحث عن مفاعل نووى آمن	٦٥
الايدروجين وقود الغد	٨٠
الايدروجين وقود المستقبل	٩٧
البحث عن بدائل الطاقة	١١٦
الكهرباء من الشمس	١٢٩
ثورة فى عالم الطاقة	١٥٥

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

رقم الايداع بدار الكتب ٧٨١٣ / ١٩٩٢

ISBN — 977 — 01 — 3137 — 7

تعرف الطاقة عادة بأنها القدرة على : . سغل ويتم
انجاز معظم العمل ، فى مجتمعنا اليوم ، عن طريق
استئناس موارد الطاقة المحدودة .

إننا نسمع كثيرا عن موارد جديدة للطاقة ، سوف
تستخدم فى مستقبل الأيام (مثل طاقة الاندماج
النوى ، والطاقة الحرارية الأرضية) ، وذلك برغم
أن العمل فى حضارة اليوم مرتبط بأنواع الوقود
الحفرى (الفحم والزيت والغاز الطبيعى) ، وهى
موارد للطاقة تتناقص بسرعة .

Bibliotheca Alexandrina



0407268

مطابع الهيئة ا.

٢٢٠ قرشا